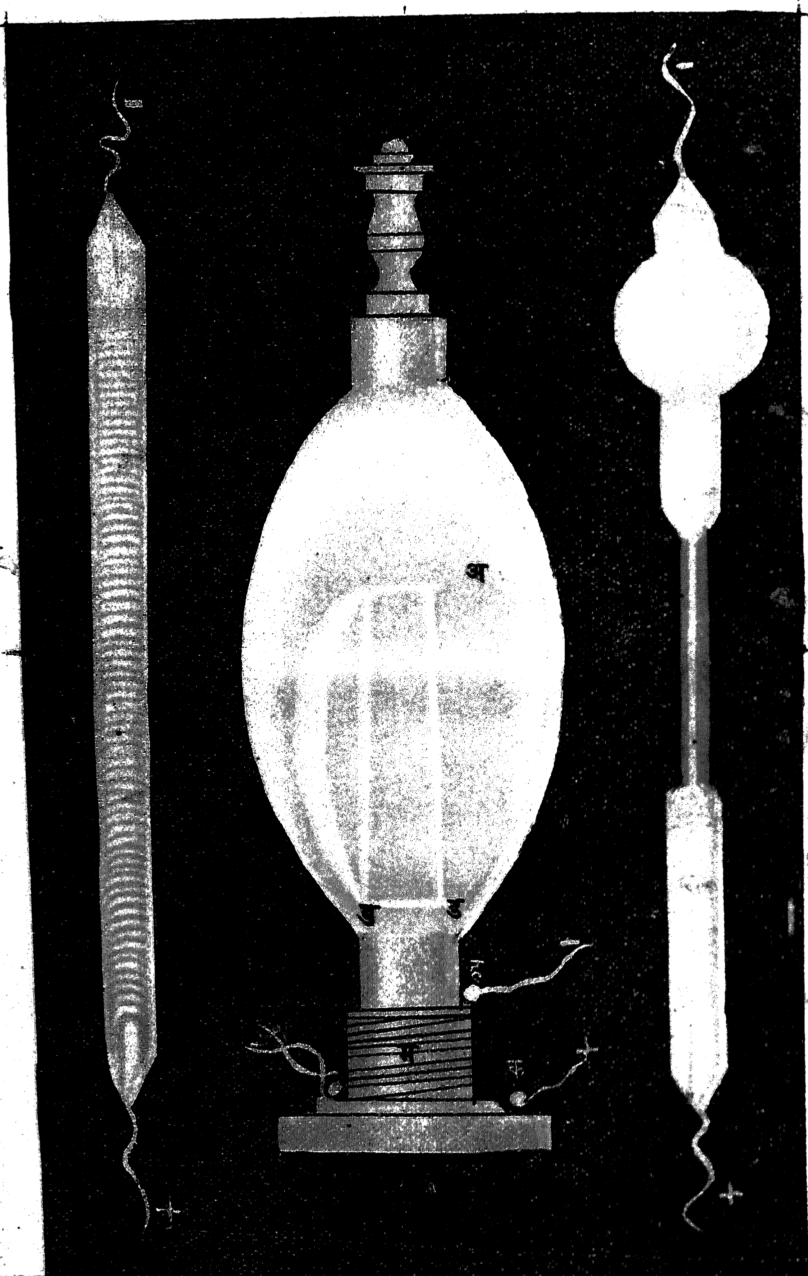


PRINTED AT THE "NIRNAYA-SAGAR" PRESS,
BOMBAY:

पदार्थविज्ञानशास्त्र याची मूलतत्वें.

उत्तरार्ध, भाग १.

विद्युत् आणि चुंबन.

याचें मराठी भाषांतर,

बाळाजी प्रभाकर मोडक,

पदार्थविज्ञानशास्त्राचे प्रोफेसर, राजाराम कालेज, कोल्हापूर,

यांनीं

इंग्रजी भाषांतरकार व प्रकाशक यांच्या परवानगीनें तयार केलें.

लांकडी कोरींव छापानें आकृति छापिल्या आहेत.

एप्रिल १८९९.

किंमत रुपये २ आणे ८.

मुंबई येथें,
निर्णयसागर छापखान्यांत छापिलें.

प्रस्तावना.

श्रीमंत गायकवाड सरकार यांच्या हुकुमावरून **श्रीसयाजी ज्ञानमंजूषा** नांवाची जी शास्त्रीय ग्रंथमाला प्रोफेसर गज्जर यांनीं छापण्यास सुरवात केली होती, त्या मालेकरितां प्रोफेसर गज्जर यांणीं ग्यानोकृत छोट्या सृष्टिशास्त्राचें भाषांतर मजकडून तयार करविलें, आणि त्यांपैकीं एक भाग (पदार्थांचे सामान्य धर्म व सार्वत्रिक आकर्षण, जलशास्त्र आणि वायुशास्त्र) त्या मालेंत छापून सन १८९८ सालीं प्रसिद्ध केला. पुढें ती माला बंद झाली, तेव्हां त्या मालेकरितां लिहविलेले ग्रंथ छापण्याचें कामही तसेंच राहिलें. परंतु कोणी ग्रंथकार आपल्या खर्चानें व आपल्या जबाबदारीवर ग्रंथ छापून प्रसिद्ध करण्याचें पत्करीत असल्यास, त्यास मालेकरितां लिहविलेले ग्रंथ छापण्यास परवानगी देण्याचें श्री० गायकवाड सरकार यांनीं ठरविलें. त्याप्रमाणें राहिलेला सर्व भाग प्रसिद्ध करण्याच्या शर्तीवर मीं केलेल्या भाषांतराची प्रत मला परत दिली. पहिला भाग मंजूषामालेंत प्रसिद्ध झाला आहे, आणि भाषांतर व रूपांतर अशा रीतीनें **ध्वनि** व **प्रकाश** हे भाग मीं पूर्वींच प्रसिद्ध केले आहेत. तेव्हां फक्त उष्णता, विद्युत्, आणि चुंबन हे तीन विषय छापावयाचे राहिले. दुसरे दोन भाग जसे कोरींव आकृति जेथल्या तेथें देऊन छापले, तसेच हेही छापावे असें ठरलें. या तीन विषयांवरील मूळ लेखांत सुमारें तीनचारशें कोरींव आकृति आहेत. पैकीं सुमारें १०० कोरींव आकृति या भागासाठीं तयार केलेल्या बडोद्याहून मिळाल्या. बाकी दोन अडीचशें नवीन करविण्यास फार खर्च येणार व तेवढा कसा झेंपणार या फिकिरींत होतों. परंतु श्री० बाळासाहेब मिरजकर यांनीं या कामीं मदत देण्याचें वचन दिल्यावरून कोरींव आकृति करवून विद्युत् आणि चुंबन छापण्यास सुरवात केली व ईशकृपेनें हा भाग तडीस गेला. सर्व नव्या

तसेंच पुण्याच्या चित्रशाळेंत दोन नकाशे व मुखपृष्ठावरील रंगीत पान रा. रा. वासुदेवराव जोशी यांनीं छापून दिलें, याबद्दल त्यांचेही आभार आहेत. आतां राहिलेला उष्णताशास्त्राचा भागही छापण्यास सुरवात केली आहे व तोही लवकर वाचकांस मिळेल.

याप्रमाणें बालबोध असा सृष्टिशास्त्रावर ग्रंथ मराठी भाषेंत प्रसिद्ध करण्याची जी माझी फार दिवसांची इच्छा, ती श्रीमंत गायकवाड सरकार व श्रीमंत बाळासाहेब मिरजकर यांच्या आश्रयानें तडीस गेली, याबद्दल मी जगन्नियंत्याचा फार आभारी आहें. रास्कोकृत छोट्या रसायनशास्त्राच्या नमुन्यावर केलेला बालबोध रसायनशास्त्राचा एक भाग प्रसिद्ध केला आहे व दुसरा भागही लवकरच प्रसिद्ध करण्याचा विचार आहे. ज्याप्रमाणें हल्लीं इंग्रजी हायस्कुलांत यु. एस्. एफ्. परिक्षेस जाणाऱ्या विद्यार्थ्यांस ग्यानोकृत सृष्टिशास्त्र व रास्कोकृत रसायनशास्त्र शिकवितात, त्याप्रमाणें मराठी हायस्कुलें स्थापन झाल्यास हे विषय त्या नमुन्यावर केलेल्या या पुस्तकांच्या द्वारें शिकविण्यास हरकत राहिली नाहीं. सृष्टिशास्त्र व रसायनशास्त्र हे विषय घेऊन यु. एस्. एफ्.मध्यें पसार झालेल्यांसच सरकारी नोकरींत घेण्यास सरकार लायख समजतें. ह्मणजे कारकुनीचें काम करणारांस सुद्धां या विषयांचें थोडेंसें ज्ञान असणें अवश्य असें सरकार समजतें. परंतु उच्च प्रतीच्या मराठी शाळांवर ज्यांस मास्तर नेमावयाचें, त्यांस तयार करण्याचीं जीं ट्रेनिंग कालेजें त्यांत हे विषय यु. एस्. एफ्. इतके शिकविण्याची तजवीज अद्याप विद्याखात्याकडून होत नाहीं, याचें आश्चर्य वाटतें. हल्लीं मास्तरांस सृष्टिशास्त्र थोडेसें शिकवितात. परंतु रसायनशास्त्र फारसें शिकवीत नाहींत. तर ही उणीव लवकरच दूर होईल अशी

आशा आहे. यु. एस्. एफ्. परीक्षेइतकें सृष्टिशास्त्र व रसायनशास्त्र यांचें ज्ञान मास्तरांस असणें फार अवश्य आहे.

देशी भाषांच्या द्वारें मध्यम प्रतीचें तरी उच्च शिक्षण देण्याविषयीं कांहीं तजविजी होण्याची कांहीं आशा अद्याप दिसत नाहीं. फार खर्च न होतां हें कोणत्या धोरणावर साध्य होईल याचा विचार बालबोध यंत्रस्थितिशास्त्राच्या प्रस्तावनेंत केला आहे. अशी सोय नसल्यामुळें उच्च शिक्षणाचा लोकांत प्रसार व्हावा तसा होत नाहीं. या गोष्टीकडे अधिकाऱ्यांचें व विश्वविद्यालयाचें लक्ष जाईल तो सुदीन समजावयाचा आहे. देशी भाषांच्या द्वारें उच्च शिक्षण देण्याचा यत्न बडोद्यास प्रोफेसर गज्जर यांच्या कारकीर्दींत सुरू झाला. तेथील कलाभवनांतच मास्तर तयार करण्याची शाखा ठेवून सृष्टिशास्त्र, रसायनशास्त्र, रंगशास्त्र, यंत्रशास्त्र, तर्कशास्त्र, अर्थशास्त्र, इतिहास वगैरे सर्व विषय देशीभाषांतून चांगल्या मार्मिक शिक्षकांकडून शिकविण्याची सुरवात झाली होती. हल्लीं ती किती चालू आहे हें माहीत नाहीं; तथापि ज्या शिस्तीनें सुरवात झाली त्याप्रमाणें चालू असल्यास, या इलाख्यांत बडोद्यास कदाचित् देशी भाषांतून परीक्षा घेऊन पदव्या देणारें पहिलें विश्वविद्यालय स्थापन होईल अशी आशा आहे.

या दक्षिणभागांत यंत्रशास्त्र, सृष्टिशास्त्र, व रसायनशास्त्र यांचें ज्ञान लोकांस मिळावें व या ज्ञानाचा प्रसार व्हावा, याकरितां श्रीमंत बाळासाहेब मिरजकर यांचे प्रयत्न सतत चालू आहेत. मिरजेस बरीच मोठी रसायनशाळा बांधून तेथें रसायनशास्त्राचे सर्व प्रयोग करण्याचीं उपकरणें त्यांनीं ठेविलीं आहेत व केव्हां केव्हां रसायनशास्त्रावर सप्रयोग छोटीं व्याख्यानें श्रीमंत स्वतः देतात. यास दुसरी यंत्रशाळा जोडण्याचें काम सुरू असून तेथें वायुशास्त्र, जलशास्त्र, ध्वनिशास्त्र उष्णताशास्त्र, प्रकाशशास्त्र, विद्युच्छास्त्र, ज्योतिषशास्त्र

खोल्या बांधून प्रत्येक ठिकाणीं त्या त्या शास्त्राचीं यंत्रें व उपकरणं हवा तो प्रयोग करण्याजोगीं तयार ठेवण्याचा श्रीमंतांचा विचार आहे याकरितां विद्युच्छास्त्र व प्रकाशशास्त्र यांचीं यंत्रें पूर्ण जमविलीं आहेत व इतरांचीं थोडीं थोडीं असून तीं पूर्ण करण्याचें काम चाललें आहे तसेंच मोठा वर्कशाप घातला असून तेथेंही फावल्या वेळीं स्वतः काम करितात व विद्यार्थ्यांस शिकवितात. अमेरिकेंत शिकून आलेल्या गुरुजींस ठेवून रंग देणें, कातडीं कमावणें वगैरेही कांहीं धंदे साध्य करून तेही मिरजेस सुरू करण्याचा त्यांचा विचार आहे. असो. याप्रमाणे या भागांत शास्त्रीय ज्ञानाचा प्रसार होण्यासाठीं चाललेल्या यत्नाचें दिग्दर्शन करून व तो तडीस नेण्याची उमेद श्रीमंतांस परमेश्वर देवो अशी प्रार्थना करून पुरे करितों.

राजाराम कालेज.

कोल्हापूर, ता. २६ एप्रिल १८९९. बा. प्र. मोडक.

अनुक्रमणिका.

पुस्तक ७.

चुंबकत्व.

पुस्तक ८.

विद्युत्.

घर्षणजन्यविद्युत्.

रसायनजन्यविद्युत्.

ग्यानोकृत

सृष्टिशास्त्र किंवा पदार्थविज्ञान याचीं मूलतत्वें.

उत्तरार्ध, भाग १.

पुस्तक ७.

चुंबकत्व.

प्रकरण १.

चुंबकाचे धर्म.

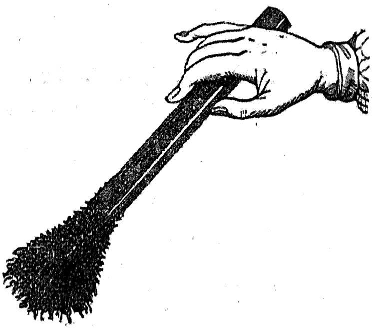
१. स्वाभाविक किंवा अकृत्रिम आणि कृत्रिम चुंबकः—स्वाभाविक किंवा अकृत्रिम चुंबक हा एक खनिजपदार्थ असून त्याच्या अंगीं लोखंड व दुसरे कांहीं धातु मुख्यत्वें निकेल व कोबाल्ट यांस आकर्षण करण्याचा धर्म असतो. हा खनिज पदार्थ लोखंडाचा आक्साईड ह्मणजे लोखंड व आक्सिजन यांचा संयुक्त पदार्थ असतो.

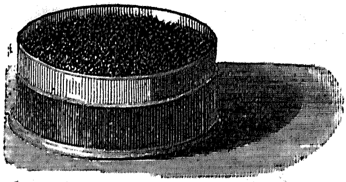
स्वाभाविक लोहचुंबकाच्या अंगीं दुसरा एक असाच चमत्कारिक धर्म असतो. यास टोंकांवर फिरतें ठेविलें, किंवा दोऱ्यानें टांगिलें, किंवा पाण्यावर तरणाऱ्या बुचावर ठेविलें, तर त्याचें एक टोंक नेहमीं क्षितिजाच्या एका विशेष दिशेकडे नेहमीं येतें. या धर्मामुळें हा चमत्कारिक दगड जरी काळसर मंद रंगाचा असतो, व यास चकाकी नसते, तरी याची योग्यता अति मौल्यवान् रत्नाहून जास्त झाली आहे. कारण अंधेरांत खलाशांस वाटाड्याप्रमाणें याचा उपयोग होतो; आणि ज्या रस्त्यानें आपण एक वेळ गेलों आहों, त्या रस्त्याच्या खाणाखुणा माहीत असल्यामुळें जसें खात्रीनें जातां येतें, त्याचप्रमाणें या लोहचुंबकाच्या योगानें अफाट समुद्रांत खात्रीनें जहाज चालवितां येतें.

हा दगड प्राचीनकाळच्या लोकांस माहीत असावा असें दिसतें. कारण याचीं नांवें **आयस्कांत** व **लोहकांत** अशीं कित्येक जुन्या संस्कृत ग्रंथांत आढळतात. **चिनी** लोकांस याचे दोन्ही धर्म माहीत असून याच्या सहाय्यानें ते चिनईतार्तरीच्या विस्तीर्ण मैदानांत व हिंदी महासागरांत प्रवास करीत. चीन देशांतूनच युरोपांत होकायंत्र सन १२६० सालीं गेलें. हा दगड प्राचीन भूस्तरांमध्यें सांपडतो, व यापासून उत्तम लोखंड निघतें. प्राचीन हिंदुवैद्यकांत लोहादिभस्में करण्यास हाच दगड उत्तम मानिलेला आहे.

कृतीनें केलेले असे कृत्रिम लोहचुंबकही असतात. हे नेहमीं पोलादाचे केलेले असतात. पोलादास खूब तापवून व एकाएकीं थंड पाण्यांत बुडवून त्यास पाणी दिलें म्हणजे तें फार कठीण होतें. याच धर्मामुळें कापण्याचीं हत्यारें करण्यास पोलाद फार उपयोगी झालें आहे. पोलादाच्या अंगीं लोखंडास आकर्षण करण्याचा स्वभावतः धर्म नाहीं. परंतु यास पाणी देऊन कठीण केल्यावर स्वाभाविक किंवा कृत्रिम चुंबकावर त्यास घांसून हा धर्म त्याच्या अंगीं आणितां येतो; असें केल्यानें पोलादाचा कायमचा चुंबक बनतो.

स्वाभाविक चुंबकासारखे कृत्रिम चुंबकाच्या अंगीं धर्म असतात. परंतु कृत्रिम चुंबक फार जोराचे व सोयीचे असतात. यास्तव प्रयोगाकरितां व यंत्रांकरितां





राचे फूट किंवा दोन फूट लांबीचे चुंबक असतात. कधीं कधीं घोड्याच्या नालाच्या आकाराचे असतात (आ० १५ पहा). अगर जेव्हां त्यांस फिरतें ठेवावयाचें असतें तेव्हां पातळ पत्र्याचे दोहों बाजूस चिंचोळ्या त्रिकोणाच्या आकाराचे तुकडे कापून तयार करितात (आ० ३ पहा). अशा तुकड्यांच्या मध्यावर एक अकीकाचा खोलगट तुकडा बसवितात, व त्याच्या योगानें उभ्या अणकुचीदार टोंकावर क्षितिजपातळीशीं समांतर अशा पातळींत हवें तसें फिरतां येईल, असें त्यांस ठेवितां येतें. कृत्रिम चुंबकास असा आकार देऊन त्यास फिरतें ठेविलें ह्मणजे त्यास चुंबककांटा किंवा चुंबकसुई ह्मणतात. (आ. ३ पहा).

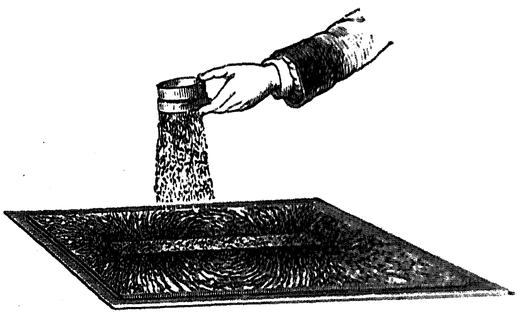
२. चुंबकांत चुंबकत्वाची वांटणीः—ज्या जोरानें चुंबक लोखंडास आकर्षण करितो, तो जोर चुंबकांत सर्वत्र सारखा नसतो. दोहों शेवटांकडे अतिशय आकर्षक जोर असतो. तेथून मध्याकडे कमी कमी होत जाऊन अगदीं मध्यभागीं मुळींच नसतो. कारण चुंबित कांब लोखंडाच्या कानसलेल्या चुन्यांत बुडविली आणि बाहेर काढिली, तर तिच्या शेवटांस किसाचे लांब झुपके चिकटतात; परंतु मध्यभागास एकही कण चिकटत नाहीं.

शेवटांकडच्या ज्या दोन बिंदूंच्या ठिकाणीं अतिशय आकर्षण असतें, त्या बिंदूंस चुंबकाचे **ध्रुव** ह्मणतात; आणि मध्यभागीं जेथें मुळींच आकर्षक कार्य घडत नाहीं त्यास **उदासीनरेषा** ह्मणतात. स्वाभाविक व कृत्रिम अशा

सर्व चुंबकांस दोन ध्रुव व एक उदासीनरेषा असतात. कधीं कधीं मुख्य दोन ध्रुवांशिवाय आणखी **गौणध्रुव** असतात. पोलादी कांबीस सर्वत्र सारखें पाणी मिळालें नाहीं, किंवा चुंबित करितांना सर्वत्र सारखें चुंबकत्व मिळालें नाहीं, तर असें घडतें. परंतु चुंबकास योग्य रीतीनें चुंबकत्व दिलेलें असतें व त्यास फक्त दोनच ध्रुव असतात, असेंच नेहमीं समजूं.

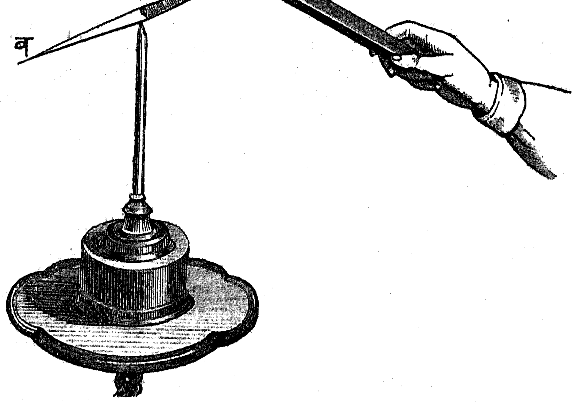
जे पदार्थ स्वतः चुंबनीय नाहींत, म्हणजे जे चुंबकानें आकर्षिले जात नाहींत, अशा सर्वांमधून चुंबकाचें कार्य लोखंडावर घडतें. एक चुंबक कांब टेबलावर ठेवून तिजवर एक जाड पुठ्याचा कागद ठेविला, आणि लोखंडाचा खीस चाळणींतून कागदावर पाडविला (आ. २ पहा), तर खीस पडतो त्याप्रमाणें त्या-

आ० २.



वर दोहों ध्रुवांचें कार्य घडतें; व खिसाचे कण दोहों ध्रुवांवर लांब झुबक्यासारखे जमतात, आणि एका ध्रुवापासून दुसऱ्या ध्रुवाकडे वक्र रेषाकार जमतात. परंतु कांबीच्या मध्यभागीं कांहीं आकर्षक कार्य घडत नाहीं; व तेथें कण जमत नाहींत. कागदाच्या जागीं दुसरा पदार्थ घेतला तरी कण असेच जमतील.

३. चुंबकाकर्षण व प्रतिसारण यांचे नियमः—चुंबकाच्या दोहों ध्रुवांचें कार्य अगदीं सारखें एकाच प्रकारचें घडतें, असें दिसतें. परंतु हें साम्य केवळ बाह्यात्कारी असून खरोखर नसतें. उदाहरणार्थ, चुंबककांट्याच्या एकाच ध्रुवाकडे जर चुंबक कांबीचे दोन्ही ध्रुव एकामागून एक असे नेले, तर चमत्कारिक आकर्षण व प्रतिसारण घडतें. कांबीच्या **क** ध्रुवानें जर कांट्याच्या **अ** ध्रुवास आकर्षिलें (आ. ३ पहा), तर कांबीचा दुसरा ध्रुव यास प्रतिसारण करील. या-



वरून हें उघड आहे कीं, कांबीचे दोन्ही ध्रुव अगदीं सारखे नाहींत. कांबीचा एक ध्रुव कांट्याच्या **अ** ध्रुवास आकर्षण करितो, व दुसरा त्यास प्रतिसारण करितो. कांट्याच्या **अ, ब** या दोन्हीं ध्रुवांमध्येंही असेंच अंतर असतें. फिरत्या कांट्यांच्या दोहों ध्रुवांजवळ कांबीचा एकच ध्रुव नेला, तर एक वेळीं आकर्षण व दुसऱ्या वेळीं प्रतिसारण घडेल.

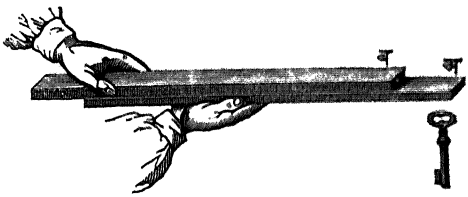
चुंबकास हवें तसें फिरतां येण्याजोगें टांगिलें तर त्याचा एक ध्रुव नेहमीं उत्तराभिमुख ह्मणजे उत्तरेकडे होतो, व दुसरा दक्षिणाभिमुख ह्मणजे दक्षिणेकडे होतो. जें टोंक उत्तरेकडे राहतें, त्यास **उत्तर ध्रुव** ह्मणतात; व दुसऱ्यास **दक्षिण ध्रुव** ह्मणतात. चुंबक कांट्याचें जें टोंक उत्तरेकडे राहतें, त्यावर खुणा केलेली असते, व त्यास **अंकित** ह्मणजे खुणा केलेलें टोंक असेंही ह्मणतात. चुंबकाकर्षण व प्रतिसारण यांविषयीं साधारण नियम खालीं दिला आहेः—

एकाच नांवाचे ध्रुव परस्परांपासून दूर जातात ह्मणजे त्यांमध्यें प्रतिसारण घडतें, आणि भिन्न नांवाचे ध्रुव परस्परांस आकर्षण करितात; ह्मणजे स्वजातीय ध्रुव परस्पर प्रति-

सारित होतात आणि विजातीय ध्रुव परस्परांस आकर्षितात.

उत्तर व दक्षिण ध्रुवांचीं परस्पर उलटकार्यें खालील प्रयोगानें दाखवितां येतील. **अ** या चुंबक कांबीच्या टोंकास लोखंडी किल्ली लाविली, तर ती टोंकास चिकटते (आकृति ४ पहा). एवढ्याच आकाराची दुसरी **ब** कांब घेऊन तिच्या

आ० ४.

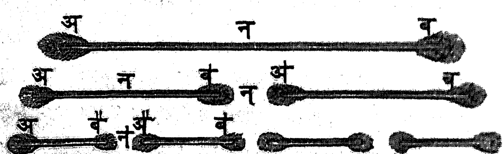


उलट ध्रुवास किल्ली चिकटविलेल्या **अ** कांबीच्या टोंकावर सरकवीत आणिलें, तर जोंपर्यंत दोन्ही ध्रुव परस्परांपासून कांहीं अंतरावर असतील, तोंपर्यंत किल्ली चिकटलेली राहते; परंतु ते फार जवळ किंवा एकावर एक आले ह्मणजे लागलीच किल्ली पडते; व ज्या कांबीस किल्ली चिकटली होती, तिचें चुंबकत्वच जणू काय गेलें असें वाटतें. परंतु वास्तविक चुंबकत्व गेलेलें नसतें. दुसरी कांब दूर नेतांच पुनः पहिल्या कांबीस पूर्ववत् किल्ली चिकटते.

चुंबकाचें लोखंडावर आकर्षण घडतें त्याप्रमाणें लोखंडाचें चुंबकावरही घडतें. ह्मणजे हें आकर्षण अन्योन्य असतें. फिरत्या चुंबककांट्याजवळ मोठासा लोखंडी तुकडा नेला, तर कांटा तुकड्याकडे आकर्षिला जाऊन त्यास चिकटतो.

४. मोडून तुकडे केलेल्या चुंबकांतील चुंबकत्व. चुंबकत्वाविषयीं कल्पनाः—अ ब ही एक चुंबित केलेली पोलादी तार घेऊन तिला तिच्या **न** या उदासीनरेषेंत, ह्मणजे जेथें अगदीं चुंबकत्व नसतें तेथें, मोडून तिचे दोन तुकडे केले, तर असें अनुभवास येतें कीं, **अ बं** आणि **अं ब** या दोन्ही तुकड्यांत चुंबकाचे पूर्ण धर्म असतात (आ. ५ पहा).

आ० ५.



ह्मणजे पहिल्या अर्धाचें **बं** हें टोंक दक्षिण ध्रुव असतें, आणि दुसऱ्या अर्धाचें **अं**

टोंक उत्तर ध्रुव असतें. **अ ब'** या तुकड्यास मोडून त्याचे आणखी दोन तुकडे **अ ब''** व **अ'' ब** केले, तर तेही दोन लहान पण पूर्ण चुंबक असतील. ह्मणजे प्रत्येक तुकड्यास दोन ध्रुव आणि एक उदासीनरेषा असतील. याप्रमाणें कितीही तुकडे केले तरी असाच प्रकार घडेल. उदासीनरेषेंतच तुकडा न पाडतां दुसरीकडे कोठेंही तुकडा पाडिला, तरी तो तुकडा सुद्धां पूर्ण चुंबक असेल. यावरून हें उघड झालें कीं, एकाच जातीचें चुंबकत्व असणारा किंवा एका जातीच्या चुंबकत्वाहून दुसऱ्या जातीचें चुंबकत्व जास्त असणारा तुकडा उत्पन्न करितां येत नाहीं; किंवा एकच ध्रुव असणारा चुंबक असत नाहीं. अगदीं मूळ अणूंस जर वेगळें काढितां आलें, तर त्यांतील प्रत्येक अणु सुद्धां पूर्ण चुंबक असेल.

चुंबनीय पदार्थांच्या घटनेविषयीं दोन मुख्य कल्पना आहेत, त्या येथें सांगूं. एका कल्पनेप्रमाणें दोन चुंबनद्रव किंवा चुंबकत्वें असतात, व त्यांपैकीं प्रत्येक द्रव आपणाशीं सजातीय अशा द्रवास प्रतिसारित करितो, व विजातीय द्रवास आकर्षण करितो. ज्या द्रवाचा परिणाम चुंबकाच्या उत्तरध्रुवाकडे अतिशय होतो, त्या द्रवास **उत्तर द्रव** आणि ज्याचा दक्षिण वाकडे अतिशय परिणाम होतो, त्यास **दक्षिण द्रव** ह्मणतात. कधीं कधीं या द्रवांस अनुक्रमें **धन** आणि **ऋण** अशींही नांवें देतात. ह्मणजे धनद्रव उत्तर चुंबकत्व आणि ऋणद्रव दक्षिण चुंबकत्व समजतात.

याशिवाय या कल्पनेप्रमाणें आणखी असें गृहीत घेतलेलें असतें कीं, चुंबित करण्यापूर्वी हे चुंबनद्रव किंवा हीं चुंबकत्वें प्रत्येक अणूमध्यें संयुक्त झालेलीं असतात, व यामुळें ते द्रव परस्परांस निर्वीर्य किंवा उदासीन करितात. त्यांचें परस्परांविषयीं जें आकर्षण असतें त्याहून जास्त जोराच्या शक्तीनें त्यांस वेगळें करितां येतें; आणि वेगळे झाल्यावर ज्या अणूंमध्यें पूर्वी ते होते त्या अणूंच्या दोहों बाजूंस नियमित स्थळीं आपोआप जाऊन जमतात.

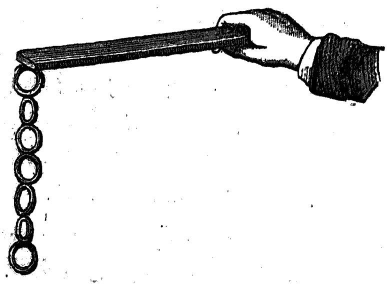
दुसऱ्या कल्पनेंत द्रवांचें अस्तित्व गृहीत घेत नाहींत; परंतु असें गृहीत घेतात कीं, चुंबकत्व हा एक अणूंचा धर्म आहे. पदार्थाचा प्रत्येक अणु हा स्वतः एक पूर्ण चुंबक असतो, व प्रत्येकास उत्तर व दक्षिण ध्रुव असतात. चुंबित करण्यापूर्वीच्या साधारण अणुरूप स्थितींत चुंबनीय पदार्थांच्या मूळच्या अणूंमध्यें कांहीं क्रम किंवा व्यवस्था नसते. यामुळें त्यांचा साधारण परिणाम परस्परांस निर्वीर्य किंवा उदासीन करण्याचा असतो; ह्मणून चुंबनीय पदा-

र्थाचें बाह्य पदार्थावर कांहीं कार्य घडत नाहीं. चुंबित करण्याच्या कृतीनें आपण पदार्थास नवीन कांहीं देत नाहीं; परंतु फक्त चुंबनीय पदार्थाच्या मूळच्या अणूंस विशेष दिशा मात्र देतों. जेव्हां सर्व उत्तरध्रुव एका दिशेकडे वळतात, आणि सर्व दक्षिणध्रुव त्याच्या उलट दिशेकडे वळतात, तेव्हां चुंबित करण्याची मर्यादा होते. ह्मणजे त्याहून जास्त चुंबकत्व देतां येत नाहीं. अशी पूर्ण रचना होण्याची अखेरची अवस्था आणि आरंभींची अगदीं गोंधळाची अवस्था या दोहोंमध्यें मध्यंतरीय अवस्था असतात व त्या अवस्था ज्या मानानें चुंबकत्व दिलें असेल, त्यावर अवलंबून असतात.

५. चुंबनीय पदार्थांवर चुंबकांचे परिणामः—चुंबक आणि चुंबनीय पदार्थ यांमधील भेद एकदम दाखवितां येतो. चुंबनीय पदार्थास ध्रुव नसतात. यांचें हवें तें टोंक **अ ब** या चुंबक कांट्याच्या कोणत्याही ध्रुवाजवळ नेलें, तरी आकर्षिलें जाईल किंवा आकर्षण करील. परंतु चुंबकास ध्रुव असतात. चुंबकाचें एक टोंक जर चुंबक कांट्याच्या एका ध्रुवास आकर्षण करील, तर दुसऱ्यास प्रतिसारण करील. चुंबनीय पदार्थांचें परस्परांवर कांहीं कार्य घडत नाहीं. परंतु चुंबकांचे सजातीय किंवा विजातीय ध्रुव एकमेकांकडे येतील त्याप्रमाणें ते परस्परांस प्रतिसारण करतील, किंवा आकर्षण करतील.

चुंबकाच्या ध्रुवाजवळ त्यास लावून जर एकदा चुंबनीय पदार्थ ठेविला,—उदाहरणार्थ उत्तर ध्रुवाजवळ चुंबनीय पदार्थ ठेविला आहे असें घेऊं—तर चुंबकाच्या या उत्तर ध्रुवाचें पदार्थातील दक्षिण द्रवावर आकर्षक कार्य घडेल. या रीतीनें पदार्थातील दोन्ही चुंबकत्वें वेगळीं होतील व पदार्थ चुंबक बनेल. कारण जर एकादा धावडी लोखंडाचा तुकडा—उदाहरणार्थ धावडी लोखंडाच्या तारेचें कंकण—

आ० ६.



आकर्षण करून धरण्याची शक्ति येते. याप्रमाणें अनेक कंकणें एकमेकांस चिकटून सांखळी बनते. परंतु चुंबक कांब एकीकडे उचलतांच ज्या अदृश्य बंधनानें कंकणें एकमेकांस जोडलीं जाऊन सांखळी बनली होती, तें बंधन तुटतें व कंकणें वेगळीं होऊन पडतात.

चुंबकाच्या कार्यानें हें जें लोखंडामध्यें चुंबकत्व येतें त्यास **चुंबक प्रवर्तन** ह्मणतात. चुंबक आणि लोखंड यांचा साक्षात् स्पर्श झाला नाहीं, तरी हें कार्य घडतें; हें पुढील प्रयोगावरून उघड दिसेल. चुंबककांट्याजवळ धावडी लोखंडाच्या कांबीचें एक टोंक धरावें. नंतर कांबीच्या दुसऱ्या टोंकाजवळ त्यास प्रत्यक्ष स्पर्श न करितां चुंबकाचा उत्तर ध्रुव न्यावा; ह्मणजे कांबीजवळ कांट्याचा उत्तर किंवा दक्षिणध्रुव असेल त्याप्रमाणें कांटा प्रतिसारित किंवा आकर्षित होईल. कारण चुंबकाच्या उत्तर ध्रुवानें त्याजवळच्या कांबीच्या टोंकांत दक्षिण चुंबकत्व जमेल, ह्मणून दुसऱ्या टोंकांत उत्तर चुंबकत्व जमेल. याकरितां तें टोंक कांट्याच्या उत्तरध्रुवास प्रतिसारण करील, व दक्षिणध्रुवास आकर्षण करील. कांबीजवळ दक्षिणध्रुव आणिला, तर याच्या उलट परिणाम घडतील हें उघड आहे.

चुंबकाच्या सन्निध धावडी लोखंड असलें ह्मणजे तें प्रवर्तनानें चुंबित होतें. लोखंडाचा चुंबकाशीं साक्षात् स्पर्श झाला असतां ज्या तऱ्हेचें कार्य घडतें त्याच तऱ्हेचें हें कार्य घडतें. मात्र तितकें जोराचें नसतें. स्वाभाविक स्थितींतील कोणत्याही पदार्थास स्पर्शानें विद्युज्जागृत किंवा विद्युन्मय करितां येतें, असें पुढें समजेल. परंतु त्यापासून हें चुंबकाचें कार्य अगदीं भिन्न असतें. कारण चुंबकानें हवा तो पदार्थ चुंबित होत नाहीं.

चुंबक कांबीच्या ध्रुवावर जे लोखंडी खिसाचे झुपके जमतात, त्याचें कारण चुंबक प्रवर्तनानें स्पष्ट होतें. चुंबकाच्या सन्निध जे कण असतात, ते चुंबक बनतात. यांचें शेजारच्या कणांवर प्रवर्तक कार्य घडतें; व ते चुंबक होतात; आणि

यांचें आणखी दुसऱ्या कणांवर कार्य घडतें. याप्रमाणें कार्य घडत जाऊन वक्ररेषाकृति कण जमतात (आ० १ पहा).

६. प्रतिबंधक किंवा संयमक शक्ति—वरच्या प्रयोगावरून आपणांस असें समजलें कीं, चुंबकांच्या कार्यानें धावडी लोखंड तत्काळ चुंबित होतें. परंतु तें चुंबकत्व कायमचें त्यामध्यें राहात नाहीं. चुंबकास दूर नेतांच त्यांतील चुंबकत्व जातें. चुंबकाच्या स्पर्शानें पोलादही चुंबित होतें. परंतु पोलाद चुंबित होण्यास वेळ लागतो; आणि ज्या मानानें त्यास जास्त पाणी दिलेलें असेल, त्या मानानें अधिकच वेळ लागतो; ह्मणजे तें लवकर चुंबित होत नाहीं. चुंबकाच्या सन्निध त्यास लावून पोलादी कांब ठेविली, तर तिच्या अंगीं चुंबकाचे धर्म फार सावकाश येतात; आणि चुंबित करण्याची क्रिया पूर्ण करण्यास पोलादावर एका ध्रुवानें घांसावें लागतें. परंतु याप्रमाणें पोलादांत एकदां उत्पन्न झालेलें चुंबकत्व कायमचें राहतें. चुंबित करणारी कांब दूर नेल्यानें त्यांतील चुंबकत्व नाहींसें होत नाहीं.

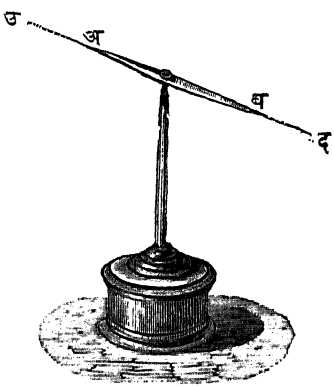
धावडी लोखंड आणि पोलाद यांवर जे हे भिन्न परिणाम घडतात, ते त्यांतील भिन्न भिन्न संयमक ह्मणजे **प्रतिबंधक शक्ती**मुळें होय. चुंबनीय पदार्थांमध्यें एक प्रकारची प्रतिबंधक शक्ति असते. आरंभीं पदार्थांतील दोन द्रव वेगळे होण्यास या शक्तीचा प्रतिबंध होतो. आणि एकदां वेगळे झाल्यावर त्यांचा पुनः संयोग होण्यासही प्रतिबंध होतो, असें एक मत आहे. दुसरें मत असें आहे कीं, चुंबकाच्या अणूंस योग्य दिशा मिळूं देण्यास या शक्तीचा घर्षणासारखा प्रतिबंध होतो; परंतु एकदां त्यांस योग्य दिशा मिळाल्यावर त्या दिशा सोडून देण्यासही या शक्तीचा प्रतिबंध होतो. ही **प्रतिबंधक शक्ति** पोलादांत फार असते, व धावडी लोखंडांत कमी असते. चांगलें जपून तयार केलेलें लोखंड असल्यास त्यांत मुळींच नसतें. हातवड्यानें ठोकून, पिरगळून, किंवा ताणून धावडी लोखंडांत कांहीं प्रतिबंधक शक्ति आणितां येते; असें पुढें चुंबकत्व देण्याच्या कृतीचें वर्णन केलें आहे त्यावरून समजेल. (क० १२).

प्रकरण २.

भूचुंबकत्व. होकायंत्र.

७. चुंबकावर पृथ्वीचें कार्यः—चुंबकाच्या अंगीं लोखंडास आकर्षण करण्याची मात्र शक्ति असते असें नाहीं. क्षितिजाशीं समांतर अशा पातळींत हवे तसे फिरण्याजोगे चुंबक मोकळे असले, ह्मणजे विवक्षित दिशेनें स्थिर होण्याची शक्ति ही चुंबकाच्या अंगीं असते. एका टोंकावर फिरता असा चुंबक कांटा ठेविला, ह्मणजे तो (आ० ७ पहा) जास्तकमी उत्तरदक्षिण स्थिर होतो. या स्थानांतून त्यास हालविलें, तर कांहीं हेलकावे खाऊन पुनः कांटा मूळस्थानीं येतो.

आ० ७.



अणकुचीदार टोंकावर कांटा फिरता न ठेवितां बुचाच्या तुकड्यावर त्यास ठेविलें, व बूच पाण्यावर तरंगत ठेविलें, तरी कांटा कांहीं हेलकावे खाऊन दक्षिणोत्तर स्थिर होईल. या प्रयोगांत कांटा एका विशेष दिशेनें स्थिर होतो, आणि जरी तो पुढेंमागें जाण्यास मोकळा असतो, तरी तो भांड्यांतील पाण्यावर मध्यें च कोठेंतरी राहतो; व तेथून उत्तरेकडे जात नाहीं किंवा दक्षिणेकडेही जात नाहीं. ही गोष्ट लक्षांत आणिली असतां कांट्यावर पृथ्वीचें जें कार्य घडतें तें फक्त त्यास दिशा देण्यापुरतें असतें. त्यावर पृथ्वीचें आकर्षक कार्य घडत नसतें.

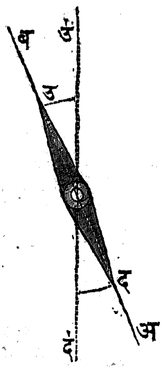
भूगोलाच्या निरनिराळ्या भागांवर या तऱ्हेचे प्रयोग करून असा सिद्धांत करण्यांत आला आहे कीं, पृथ्वी हा एक मोठा चुंबक असून या भूचुंबकाचे ध्रुव पृथ्वीच्या खऱ्या ध्रुवांजवळ आहेत, व याची उदासीनरेषा बऱ्याच अंशीं विपुववृत्ताशीं मिळते.

पृथ्वीच्या उत्तरध्रुवाकडे चुंबकाचें जें टोंक राहतें, त्यास **उत्तरध्रुव** आणि

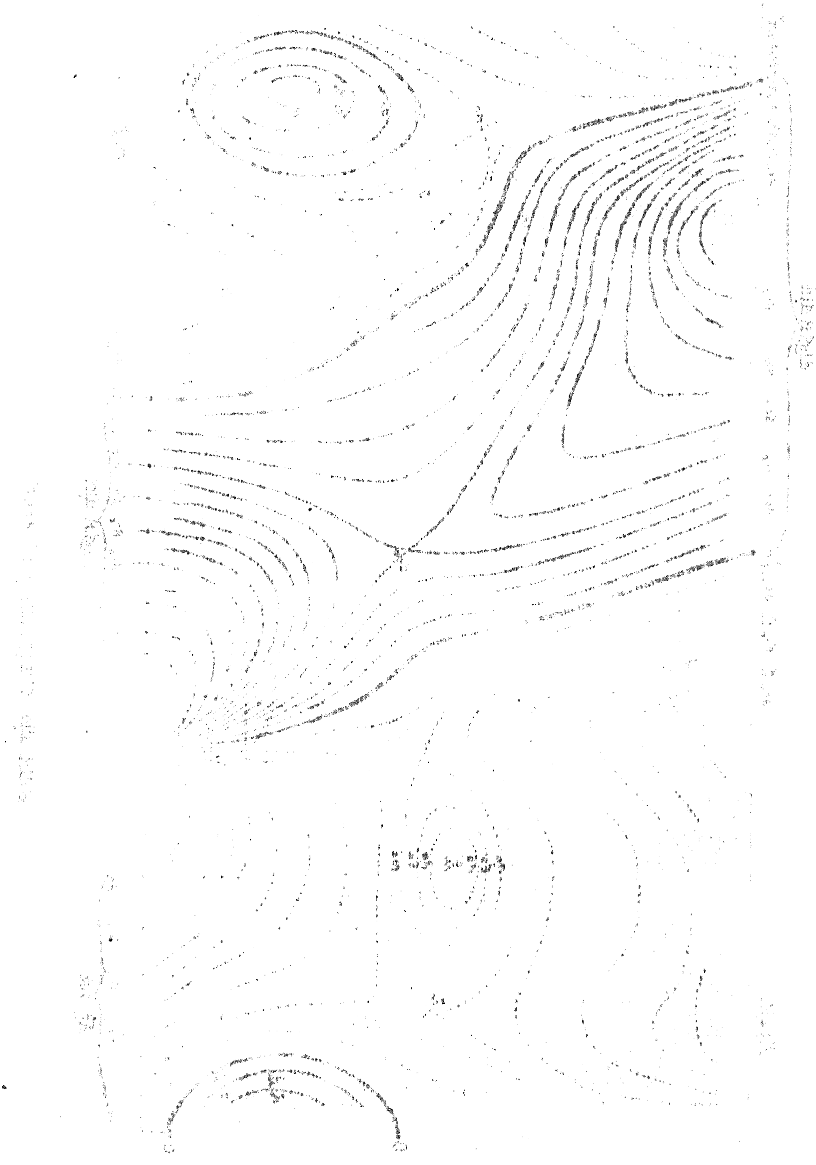
दक्षिणध्रुवाकडे जें टोंक राहतें त्यास **दक्षिणध्रुव** ह
कांट्याचें जें टोंक उत्तरेकडे असतें त्यास दक्षिणध्रुव ह
दक्षिणेकडे असतें त्यास उत्तरध्रुव ह्मणतात. विजातीय
करितात, या नियमास अनुसरून फ्रेंच लोकांनीं हीं न
वहारांत इंग्रजांनीं दिलेलीं नांवेंच सोयीचीं आहेत, व
आहेत; ह्मणून जें टोंक उत्तरेकडे असतें त्यासच उत्त
असतें त्यासच दक्षिणध्रुव ह्मणणें प्रशस्त आहे. जें ट
त्यावर एक आडवी रेषा कोरून खुणा केलेली असते
अंकित किंवा खुणा केलेलें टोंक असेंही ह्मणतात, असें म

८. चुंबनमध्यरेषा. चुंबकाचा बांक.—चुं
असतां, उत्तर व दक्षिण ध्रुवांस सांधणाऱ्या **अ ब** रेषेंतून ज
कल्पिली, तर ती त्या स्थळाची चुंबनमध्य पातळी होईल.
भूमध्यपातळीशीं बरोबर मिळत नाहीं. भूमध्यपातळी या
उ द या ध्रुवांतून जाईल. या दोन पातळ्यांमध्यें जं
चुंबककांट्याची **अ ब** दिशा पृथ्वीच्या भूमध्यपातळीशीं
त्या स्थळाचा **बांक** असें ह्मणतात. यास इंग्रजींत डेक्लि
एशन ह्मणतात. चुंबककांट्याचा उत्तरध्रुव पृथ्वीच्या
ह्मणून कांट्याची दिशा व पृथ्वीची खरी उत्तर यांमधील

आ० ८



बांक होय (आ. ८ पहा). कधीं व
भूमध्य रेषेच्या पश्चिमेस असतो, व
तो. खऱ्या उत्तरेच्या पश्चिमेस व
पूर्वबांक ह्मणतात; आणि पूर्वेस
पश्चिमबांक ह्मणतात. कधीं
ध्रुव भूगोलाच्या थेट उत्तरध्रुवाशींहि
ठिकाणीं चुंबककांट्याचा बांक भि
विवक्षित ठिकाणींही नेहमींसारख
हल्लीं युरोपांत व आफ्रिकेंत पश्चिमेस
व अमेरिका खंडांत पूर्वेस आहे.
बांक सर्वदां सारखा नसून बराच



लंडन येथें सन १५८० सालीं ११°-३६′ पूर्व बांक होता, तो सन १६६३ सालीं ०° झाला. ह्मणजे भूचुंबकाचा उत्तरध्रुव भूगोलाच्या उत्तरध्रुवाशीं मिळाला. तेव्हांपासून ध्रुव पश्चिमेकडे वळला; आणि हळू हळू बांक वाढत जाऊन सन १८१८ सालीं परमावधीचा पश्चिमबांक २४°-४१′ झाला. तेव्हांपासून पुनः एकसारखा कमी होत आहे. सरासरी दरसाल ८ कला कमी होत चालला आहे. सन १८५० सालीं २२°-३०′ होता; आणि सन १८९० सालीं १७°-२४′ पश्चिमबांक होता.

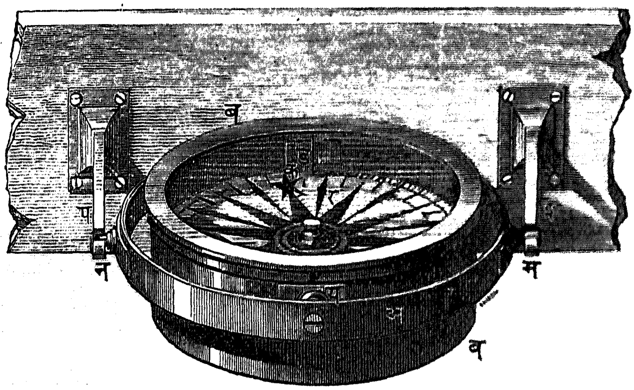
बांक दाखविणाऱ्या रेषा—पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर ज्या स्थळीं सारखा बांक असतो, अशा स्थळांमधून रेषा काढून **बांक दाखविणारे नकाशे** तयार करितात. निरनिराळ्या वर्षी तयार केलेल्या अशा नकाशांची तुलना केल्यानें बांक कसा बदलतो हें समजतें. सोबतच्या पानावरील नकाशांत सन १८८२ सालीं बांकदर्शक रेषा कशा होत्या हें दाखविलें आहे. या रेषांनीं भूगोलाच्या पृष्ठभागाचे दोन प्रदेशांमध्यें विभाग झालेले आहेत. एक लहान आहे व त्यांत बांक पश्चिमेकडे आहे. तो जाड रेषांनीं दर्शविला आहे. दुसरा प्रदेश मोठा आहे, व त्यांत बांक पूर्वेकडे आहे. हा टिंबांच्या रेषांनीं दर्शविला आहे. या नकाशाचा खलाशांस फार उपयोग होतो. यावरून विवक्षित स्थळीं बांक किती आहे एवढेंच कळतें असें नाहीं, तर भूगोलावरील कोणत्या प्रदेशांत बांक फार जलद बदलतो हेंही कळतें. वरचेवर असा बांक जेथें बदलतो अशीं प्रसिद्ध स्थळें **न्यूफाउन्डलंडचा किनारा, सेंट लारेन्सचें आखात, उत्तरअमेरिकेचा उत्तरभाग, इंग्लिश च्यानल** व त्याच्या आसपासचा प्रदेश हीं होत.

वर सांगितल्याप्रमाणें चुंबकाच्या बांकांमध्यें हे जे नियमित काळानें फेरफार होतात, त्यांशिवाय विशेष कारणामुळें कांहीं आकस्मिक फेरफारही होतात. त्यांस **चुंबनवादळें** ह्मणतात. मेघगर्जना होत असतां, ज्वालामुखींतून रस वाहत असतां, आणि अरोरा बोरीआलीस ह्मणजे उत्तर ध्रुवस्थ अरुण (क. ६७) दिसत असतां, चुंबककांट्याच्या बांकांमध्यें हे आकस्मिक फेरफार घडतात. अरुणाचा परिणाम फार अंतरावरही उत्पन्न होतो. हा अरुण युरोपखंडाच्या उत्तरेकडे मात्र दिसतो. तरी त्याचा परिणाम चुंबक कांट्यावर विलायतेपर्यंत होतो.

ध्रुवाकडील प्रदेशांत पुष्कळ वेळां चुंबककांटा कित्येक अंश हेलकावे खातो. अरुण दिसण्याच्या आदले दिवशीं चुंबकाच्या बांकांत अनियमितपणा दिसूं लागतो, व तो अनियमितपणा अरुण दिसण्याचें पूर्वचिन्ह असतें.

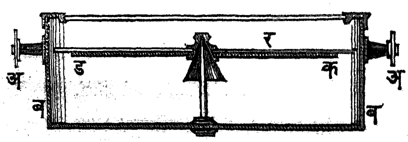
९. खलाशांचें होकायंत्रः—पृथ्वीचें चुंबकावर जें कार्य घडतें, त्याचा अत्यंत महत्त्वाचा व्यवहारिक उपयोग खलाशांच्या होकायंत्रांत झाला आहे. होकायंत्र हें एक बांक दाखविण्याचें यंत्र असून जहाज कोणत्या दिशेनें न्यावें हें समजण्यास त्याचा उपयोग होतो. आ० ९ मध्यें हें सर्व यंत्र दाखविलें आहे

आ० ९.



आणि आ० १० मध्यें याचें उभें छिन्न दाखविलें आहे. यांत मोठ्या पंच-

आ० १०.



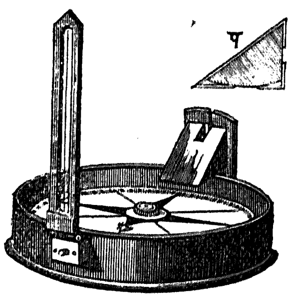
पात्राच्या आकाराची **ब ब** ही एक तांब्याची पेटी असून तिजमध्यें होकायंत्र असतें. तें यंत्र समुद्राच्या लाटांनीं जहाजानें झोके खाल्ले तरी क्षितिजपातळीशीं नेहमीं समांतर रहावें, म्हणून होकेची पेटी दुसऱ्या लांकडी पेटींत दोन समकेंद्रवर्तुळाकार कंकणांत बसविलेली असते. त्यांपैकीं एक कंकण पेटीसच जोडलेलें असतें, आणि **य ड** या आंसावर फिरतें. हा आंस बाहेरच्या **अ ब** या कंकणांत फिरता असून हें कंकण **प इ** या खांबांवर पहिल्या

य ड आंसाशीं काटकोनाकार अशा **म न** आंसाभोंवतीं फिरतें; ह्मणून बाहेरची लांकडी पेटी झुकली तरी आंतील तांब्याची पेटी क्षितिजाशीं समांतर राहते.

तांब्याच्या पेटीच्या बुडावर एक अणकुचीदार टोंक बसविलेलें असून त्यावर अकीकाच्या खोलगट तुकड्यावर एक लहान चुंबककांब तोललेली असते; व ही कांबच होकेंतील चुंबककांट्याचें काम करिते. या कांबीवर **र** ही एक तिच्याहून जास्त व्यासाची अभ्रकाची चकती पक्की बसविलेली असते, व या चकतीच्या परिघाचे ३२ भाग पाडून मध्यबिंदूपासून परिघापर्यंत रेषा काढलेल्या असतात. यांत मुख्य आठ दिशा व दुसऱ्या उपदिशा दर्शविण्यासाठीं अक्षरें लिहिलेलीं असतात. जी रेषा थेट **अ ब** कांबीवर असते, त्या रेषेच्या एका टोंकावर फुली काढलेली असते, व त्यास **उ** अक्षरानें दर्शविलेलें असतें. ही फुली उत्तर दिशा दर्शविते. असलें यंत्र सुकाणू हांकणारा सुकाणूजवळ जहाजाच्या मागच्या बाजूस होका ठेवण्याच्या खोलींत ठेवितो. आणि यंत्र दिशा दाखवील त्यावरून जहाज कोणत्या दिशेस फिरवावें हें त्यास समजतें व त्याप्रमाणें सुकाणू फिरवून जहाज चालवितो.

१०. **प्रिझ्म्याटिक कम्पस** ह्मणजे **त्रिकोणी भिंग असलेलें होकायंत्रः**—या यंत्राचा पाहणी करण्यास उपयोग करितात. हें एक लहान आकाराचें होकायंत्रच असतें व याचा उपयोग करण्याची रीति भिन्न असते; ह्याच कार्य तो यांत व होकायंत्रांत भेद असतो. सुमारें २½ इंच व्यासाची धातूच्या पत्र्याची उथळ डबी असते. दिशा मांडलेल्या चकतीच्या खालींच चुंबककांटा असतो, व तो अणकुचीदार टोंकावर फिरतो. डबीच्या बाजूवर मध्यें फट असलेली धातूच्या पत्र्याची उभी पट्टी असते. तिच्या मध्यभागीं घोड्याचा केंस उभा बसविलेला असतो, व त्यांतून यंत्राकडे पाहतां येतें. या पट्टीच्या

आ० ११.



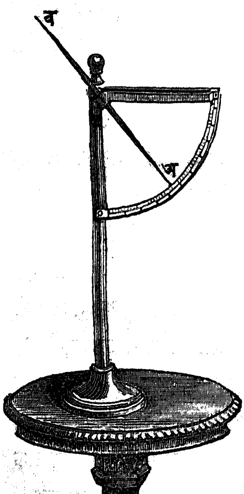
समोरच काटकोन त्रिकोणाकार ह्मणजे ज्यांतून पूर्ण परावर्तन होतें असें त्रिकोणी भिंग असतें (प्रकाश, क. १००). हें पत्र्यांत बसविलेलें असून त्यास पाहण्याकरितां एक भोंक व फट अशीं बाजूच्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें असतात (आ० ११ पहा).

यानें पाहणी करावयाची असते, तेव्हां यंत्र क्षितिजपातळीशीं समांतर असें ठेवून त्रिकोणी भिंगांतील फट, उभ्या पट्टींतील केंस, व जो पदार्थ पहावयाचा तो पदार्थ असे तिन्ही एका रेषेंत येतील, असें यंत्र उभें करितात. त्रिकोणी भिंगांतील भोंकांतून पाहून कांटा केवढा कोन करितो, तें पाहून टिपून ठेवितात. नंतर दुसरा पदार्थ पाहून त्याशीं कांटा केवढा कोन करितो, तेंही काढितात; आणि याप्रमाणें दोहोंमधील कोन काढितात. धातूची उभी पट्टी एका उचालकाशीं जोडलेली असते; व त्याच्या योगानें तिला खालीं फिरवितां येतें. तेणेंकरून तिचा दाब चुंबककांट्यावर पडून तो कांटा टोंकावर घट्ट बसतो. याकरितां यंत्रास हवें तिकडे हवें तसें नेतां येतें.

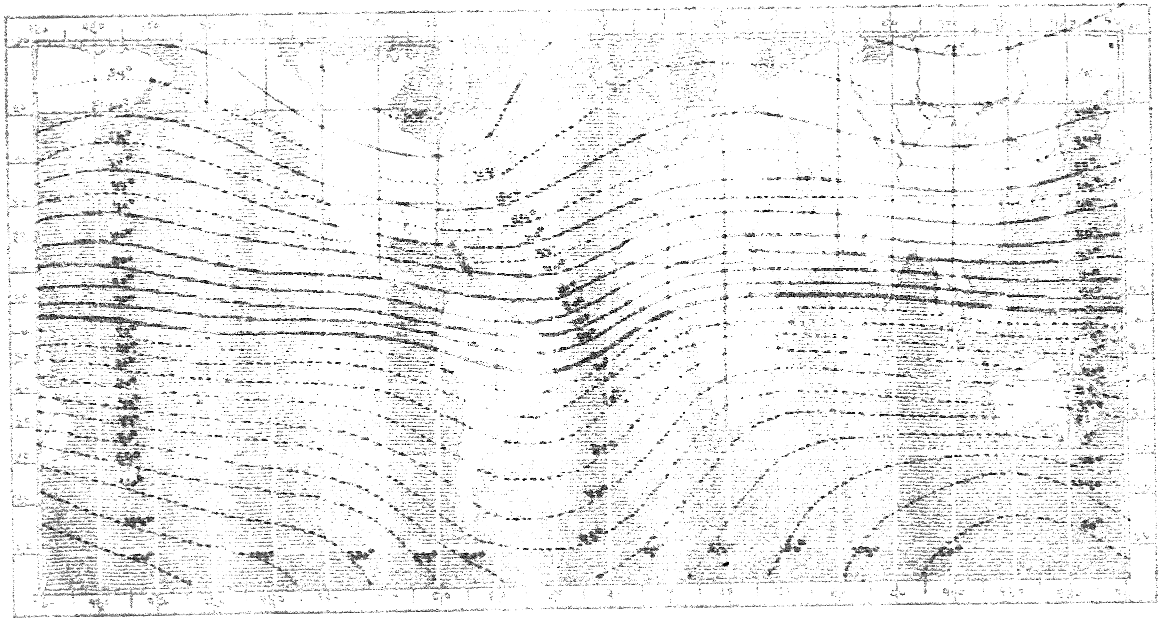
त्रिकोणी भिंगाची एक बाजू बाह्यगोल असते. भिंगाच्या या बाजूंतून प्रतिबिंब पाहिलें ह्मणजे तें मोठें होतें, व तें परावर्तनानें दिसतें, ह्मणून उलटें झालेलें असतें. याकरितां आंकडे बरोबर वाचतां येण्याकरितां चकतीवर उलटे मांडिलेले असतात.

११. चुंबकाचा कल पाहण्याचें यंत्रः—एका उभ्या अणकुचीदार टोंकावर पोलादी तार क्षितिजपातळीशीं समांतर अशा पातळींत तोलण्याजोगी ठेविली, तर तिला चुंबित केल्यावर ती तार क्षितिजपातळीशीं समांतर अशा स्थितींत न राहतां तिचा उत्तरध्रुव खालीं कलतो. हें प्रथमच पाहण्यांत आलें, तेव्हां कांटा तोलण्यांत कांहीं तरी दोष असावा असें वाटलें होतें. परंतु हा प्रकार वरचेवर दिसूं लागला, तेव्हां पृथ्वीच्या आकर्षक कार्यामुळेंच हा कल उत्पन्न होतो असें सिद्ध झालें. चुंबकाचा हा कल पाहण्याकरितां चुंबककांटा टांगण्याच्या रीतींत फेरफार करावा लागतो. कांट्याच्या मध्यांतून एक आडवा तारेचा तुकडा घालून त्या तुकड्यानें दोन आधारांवर कांट्यास तोलितात. ह्मणजे तो

आ० १२.



सारखा कल दाखविणाऱ्या रेषा. १८८२.



उभ्या लंब पातळींत खालवर हवातसा आ० १२ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें फिरूं शकतो. कांटा खालीं किती कलतो हें अंश पाडलेला जो एक वर्तुळपाद लाविलेला असतो, त्यावरून समजतें.

याप्रमाणें यंत्राची रचना केली ह्मणजे त्यास **कल काढण्याचें यंत्र** असें ह्मणतात. आणि चुंबककांटा क्षितिजाशीं जो कोन करितो, त्यास चुंबकाचा **कल** (Dip) ह्मणतात. हा कल पहावयाचा असेल तेव्हां कांटा चुंबनमध्यपातळींत हेलकावे खाण्याजोगा ठेविला पाहिजे.

चुंबककांट्याच्या बांकासारखा त्याचा कलही भिन्नभिन्न स्थळीं बदलतो. ध्रुवांकडील प्रदेशांत हा कल अतिशय असतो. तेथून विषुववृत्ताकडे कमी कमी होत जातो. विषुववृत्ताजवळ अशीं अनेक स्थळें आहेत कीं त्या स्थळीं कल शून्य असतो. ह्मणजे या ठिकाणीं कांटा क्षितिजपातळीशीं अगदीं समांतर राहतो. या स्थळांतून जाणारी जी रेषा तिला **चुंबनविषुववृत्त** ह्मणतात. **लंडन** येथें चुंबककांटयाचा कल सन १८९० सालीं ६७°–२४′ होता. ह्मणजे क्षितिजपातळींत तोललेला कांटा तिजपासून इतके अंश खालीं कलत होता. दक्षिणगोलार्धांतही कांटा कलतो, परंतु उलट दिशेनें कलतो. ह्मणजे तेथें कांटयाचा दक्षिणध्रुव खालीं कलतो.

ज्या ठिकाणीं चुंबककांटयाचा कल बरोबर ९०° असतो, ह्मणजे जेथें कांटा अगदीं उभा लंबाकार राहतो, त्या स्थळास **भूचुंबनध्रुव** ह्मणतात. उत्तरगोलार्धांत भूचुंबनाचा **उत्तरध्रुव** असतो, व या गोलार्धांत उत्तरध्रुव खालीं कलतो. आणि दक्षिणगोलार्धांत भूचुंबनाचा **दक्षिणध्रुव** असतो, आणि तेथें दक्षिणध्रुव खालीं कलतो. सन १८३० सालीं **सर जेम्स रास** यानें भूचुंबनाचा उत्तरध्रुव उत्तरअमेरिकेच्या उत्तरेस **बूथियाफेलिक्स** (९०°–४३′ पश्चिमरेखांश आणि ७०° दक्षिण अक्षांश) या ठिकाणीं असल्याचें शोधून काढिलें. दक्षिणचुंबनध्रुवाचें स्थान बरोबर ठामपणें समजलें नाहीं. तत्राप **रास** यासच असें आढळलें कीं, दक्षिणसमुद्रांत १६८° पूर्वरेखांश आणि ७६° दक्षिण अक्षांश या स्थळीं कांटयाचा कल ८८°–३७′ असतो. या व दुसऱ्या प्रयोगां-

वरून असें गणित करण्यांत आलें कीं, त्या वेळीं भूचुंबनाच्या दक्षिणध्रुवाचें स्थान सुमारें १५४° पूर्वरेखांश आणि ७५$\frac{१}{२}$ दक्षिणअक्षांश या ठिकाणीं असावें.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर ज्या ठिकाणीं चुंबककांट्याचा कल सारखा असतो, त्यांमधून रेषा काढून नकाशे तयार करितात. या रेषांस **समकलदर्शक-रेषा** ह्मणतात. विषुववृत्ताशीं समांतर अशीं जीं भूगोलावर अक्षांशवृत्तें आहेत, त्यांशीं या रेषांचें कांहीं साम्य असतें. ह्मणजे त्या वृत्तांसारख्याच या रेषाही पूर्व पश्चिम भूगोलावर असतात, व त्या सारख्याच परस्परांशीं कांहीं समांतर असतात. ह्मणून चुंबकाच्या कलाच्या संबंधानें पृथ्वीवरील स्थळें दर्शविण्यास चुंबनअक्षांश या शब्दाचाही उपयोग करितात. सोबत जो समकलदर्शक रेषांचा नकाशा दिला आहे, त्यामध्यें सन १८८२ सालची स्थिति दर्शविली आहे. याची रचना मागील बांकदर्शकरेषांच्या नकाशासारखीच आहे.

बांकाप्रमाणें कलही नियमितकालानें बदलतो. पारिस शहरीं सन १६७१ सालीं चुंबककांट्याचा कल ७५° होता. तो तेव्हांपासून एकसारखा कमी होत आहे. सन १८५९ सालीं तो ६६°-१४′ होता. लंडन येथें सुद्धां सन १७२० सालापासून कल दरसाल सुमारें २·६′ या मानानें एकसारखा कमी होत चालला आहे. सन १८२१ सालीं तो ७०°-३′ होता. सन १८३८ सालीं ६९°-१७′; सन १८५४ सालीं ६८°-३१′, सन १८५९ सालीं ६८°-२१′; आणि सन १८९० सालीं ६७°-२४′ होता. हा कल दरसाल व दररोजही थोडा बदलतो. हिंवाळ्यापेक्षां उन्हाळ्यांत सुमारें १५′ जास्त असतो. आणि मध्यान्हकाळाच्या नंतर जेवढा असतो त्यापेक्षां त्याच्या पूर्वीं ४′ किंवा ५′ कला जास्त असतो.

प्रकरण ३.

कृत्रिम चुंबक करण्याच्या रीति.

१२. भूचुंबनानें चुंबित करणें:—पदार्थास चुंबित करणें ह्मणजे लोखंडाच्या कणांस आकर्षण करण्याचा धर्म, आणि क्षितिजपातळीशीं समांतर

राहण्याजोगें त्यांस टांगिलें असतां दक्षिणोत्तर राहण्याचा धर्म त्याच्या अंगीं आणणें होय. पृथ्वीच्या ह्मणजे भूचुंबकाच्या कार्यानें सावकाश चुंबित करितां येतें; आणि चुंबनीय पदार्थास चुंबकावर घांसून किंवा विद्युल्लतेच्या योगानें जलद चुंबित करितां येतें. कायमचे चुंबक करण्यास उत्तम पदार्थ ह्मटला ह्मणजे पोलाद होय. निरनिराळ्या जातीच्या लोखंडांत व पोलादांत चुंबकत्व ग्रहण करण्याची व धारण करण्याची शक्ति भिन्नभिन्न मानानें असते.

भूगोलाचें ह्मणजे पृथ्वीचें चुंबककार्य चुंबित करण्यास उपयोग करण्याजोगें शक्तिमान असतें, हें पुढील प्रयोगानें दाखवितां येतें. एक घटींव लोखंडाचा दांडा घेऊन, ज्या ठिकाणीं प्रयोग करीत आहों, त्या ठिकाणीं चुंबक कांट्यास जितका कल असतो, तेवढा कोन तो क्षितिज पातळीशीं करील, असें त्यास कलतें ठेवावें. ह्मणजे या स्थितींत भूचुंबकत्वाचें प्रवर्तककार्य दांड्यावर घडून दांडा थोडा चुंबित होईल, आणि त्याचें खालचें टोंक उत्तरध्रुव आणि वरचें टोंक दक्षिणध्रुव होईल. तथापि हें चुंबकत्व कायमचें नसतें. कारण जर दांड्यास उलटें केलें, ह्मणजे वरचें टोंक खालीं व खालचें टोंक वर केलें, तर लागलेच ध्रुव बदलतात. कारण शुद्ध घटींव लोखंडांत प्रतिबंधकशक्ति मुळींच नसते. परंतु दांडा वरच्या स्थितींत असतां त्यावर हतोड्यानें ठोकिलें किंवा त्यास पिळगटलें ह्मणजे धुण्याचा पिळा पिळतात तसें पिळलें, तर ठोकल्यानें किंवा पीळ घातल्यानें त्यामध्यें कांहीं प्रतिबंधकशक्ति येते, आणि तेणेंकरून त्यामध्यें आलेलें चुंबकत्व त्यांत कांहीं वेळ राहतें. याप्रमाणें चुंबित केलेले अनेक बारीक दांडे घेऊन आणि त्यांचे सजातीय ध्रुव एकाच बाजूस ठेवून त्यांची जुडी बांधिली, तर बऱ्याच जोराचा चुंबक होतो.

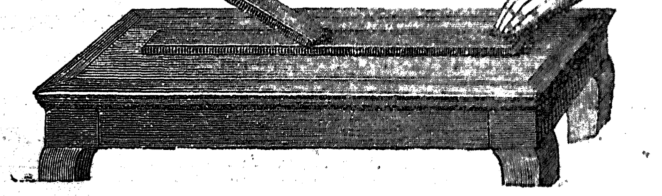
पृथ्वीच्या या चुंबककार्यानेंच पोलादी व लोखंडी पदार्थांमध्यें चुंबकत्व उत्पन्न झालेलें आढळतें. याप्रमाणें लोखंडाच्या शेगड्या, वायु व पाणी नेण्याच्या नळ्या, कठडे, दारें, विजेचे वाहक, वाफ नेण्याच्या नळ्या, दिव्याचे खांब वगैरे लोखंडी पदार्थ जास्तकमी कांहीं वेळ कलते राहिल्याने त्यांमध्यें चुंबकत्व येतें. शक्तिमान चुंबकाच्या दक्षिण ध्रुवावर त्यांस ठेविल्याप्रमाणें ते चुंबित होऊन त्यांचे उत्तरध्रुव खालच्या बाजूस असतात. पृथ्वींतील लोखंडाच्या दगडांतील चुंबकत्व याच कारणानें उत्पन्न झालेलें असावें, यांत संशय नाहीं. निरनिराळ्या

ज़ातीच्या लोखंडाच्या दगडांत जें फार भिन्नभिन्न मानानें चुंबकत्व असतें, तें तेथील कलाच्या संबंधानें लोखंडी दगडांच्या शिरांस भिन्नभिन्न स्थानें मिळाल्यामुळें अंशतः येत असावें, असें दिसतें. बाजारांत जें साधें लोखंड विकावयास येतें तें अगदीं शुद्ध नसतें, ह्मणून त्यामध्यें थोडी प्रतिबंधक शक्ति असते. याकरितां लोहाराच्या दुकानांतील हत्यारांमध्यें नेहमीं थोडें बहुत चुंबकत्व आलेलें असतें. याप्रमाणें विशेषेंकरून आंशीं व किकरीं यांमध्यें हटकून असतें. ओतींव लोखंडांत नेहमीं पुष्कळ प्रतिबंधक शक्ति असते, व त्यास कायमचें चुंबकत्व देतां येतें. लोखंडी काम करण्याच्या मोठमोठ्या कारखान्यांत जंगी चरकावर घडींव लोखंडी, व पोलादी पदार्थ धरल्यानें जो चुरा पडतो, तोही चुंबित झालेला असतो. तसेंच बंदुका उभ्या ढीग करून ठेविल्या असतां त्यांच्या नळ्यांतही चुंबकत्व येतें.

चुंबकानें चुंबकत्व देणें:—चुंबक कांबींस व विशेषेंकरून चुंबक कांट्यांस चुंबित करण्यासाठीं मोठ्या चुंबकानें बहुधा त्यांवर घांसतात. या रीतीनें चुंबित करण्याच्या मुख्य तीन रीति आहेत:—(१) सकृत्स्पर्शाची, (२) पृथक् स्पर्शाची, आणि (३) द्विस्पर्शाची.

(१) **सकृत् स्पर्शानें चुंबित करणें:**—ज्या कांबीस चुंबित करणें असेल, त्या कांबीवर शक्तिमान अशा चुंबकाचा एक ध्रुव ठेवून (आ० १३

आ० १३.

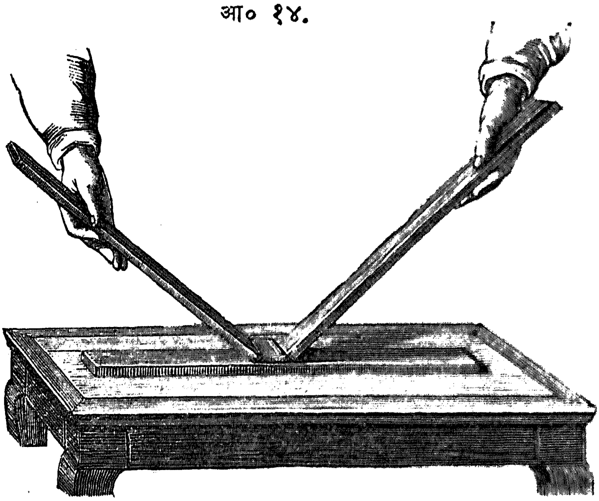


पहा) एका टोंकापासून दुसऱ्या टोंकाकडे ओढितात. तेथून उचलून पुनः तो ध्रुव मूळ ठिकाणीं नेऊन ठेवून पुनः ओढितात. याप्रमाणें अनेक वेळां कांबीवरून एकाच दिशेनें चुंबकाचा ध्रुव ओढिला, ह्मणजे कांब चुंबित होते. येणें-करून सर्व कांबींतील उदासीन चुंबकत्वाचें हळूहळू पृथग्भवन होतें; आणि जेथून चुंबकाचा ध्रुव आपण उचलतों, तें टोंक त्याच्या उलट जातीचा ध्रुव बनतें, व दुसरें टोंक सजातीय ध्रुव बनतें. या रीतीनें फक्त थोडें चुंबकत्व देतां येतें, ह्मणून फक्त लहान चुंबकांस चुंबित करण्यास मात्र या रीतीचा उपयोग करितात. शिवाय या कृतींत कांबींवरून चुंबकाचा ध्रुव सारख्या वेगानें ओढला गेला नाहीं, किंवा मध्येंच कोठें उचलला गेल्यानें, किंवा फार वेळ राहिल्यानें, मध्येंच गौणध्रुव उत्पन्न होतात. हा एक या कृतींत दोष असतो. या कृतीनें चुंबित केलें असतां ज्या टोंकावरून दर वेळीं चुंबकाचा ध्रुव उचलण्यांत येतो, तेथें चुंबकाच्या ध्रुवाशीं विजातीय असा ध्रुव असतो; आणि ज्या ठिकाणीं चुंबकाचा ध्रुव दर वेळीं ठेवण्यांत येतो, तेथें सजातीय ध्रुव असतो.

(२) **पृथक्स्पर्शाची रीतिः**—पृथक्स्पर्शाच्या रीतींत चुंबकाचा एक ध्रुव कांबीवरून मध्यापासून एका टोंकाकडे एका दिशेनें ओढतात; आणि दुसरा ध्रुव मध्यापासून उलट दिशेनें दुसऱ्या टोंकाकडे ओढतात. किंवा दोन चुंबकांचे दोन विजातीय ध्रुव मध्यावर ठेवून दोहों बाजूंस दोहों हातांनीं मध्या-पासून शेवटांकडे ओढतात. याप्रमाणें कांबीच्या दोहों भागांवर दोन ध्रुव पृथक्-पृथक् ओढून चुंबित करितात.

(३) **द्विस्पर्शाची रीतिः**—या रीतीनें ज्या कांबीस चुंबित करा-वयाचें असेल त्या कांबीच्या मध्यावर विजातीय ध्रुव एकत्र आणून दोन चुंबक ठेवितात, आणि दोहों ध्रुवांस नेहमीं सारख्या अंतरावर ठेवण्या-करितां त्यांमध्यें एक चौकोनी लांकडी तुकडा ठेवून दोहों ध्रुवांस पृथक्स्पर्शा-च्या रीतीप्रमाणें दोहों टोंकांकडे परस्पर उलट दिशेनें न ओढतां मध्या-पासून प्रथमतः एका टोंकाकडे ओढून तेथून उलट दुसऱ्या टोंकाकडे व पुनः पहिल्या टोंकाकडे याप्रमाणें इकडून तिकडे अनेक वेळां ओढून अखेरीस दोन्ही ध्रुव मध्यावर आणून उचलतात (आ० १४ पहा), ह्मणजे कांब चांगली चुंबित होते. दोहों अर्धांवर ध्रुवांच्या सांगडीचे सारखे फेरे देण्या-

आ० १४.



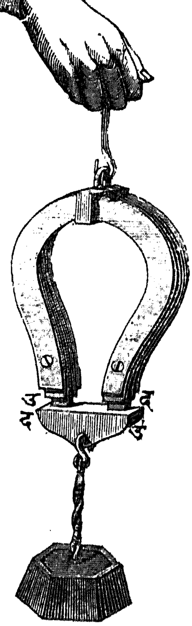
विषयीं मात्र जपलें पाहिजे. याचप्रमाणें कांब उलटून दुसऱ्या बाजूवरही सांगड अशीच फिरवितात.

विद्युल्लतेनें चुंबित करणें:—विद्युत्प्रवाहानें चुंबित केल्यानें अतिशय चुंबकत्व देतां येतें, आणि चुंबित करण्याच्या सर्व साधनांत हें साधन फार शक्तिमान असतें. ह्मणून कांबीच्या किंवा नालाच्या आकाराचे मोठे चुंबक करण्यास बहुधा याच रीतीचा उपयोग करितात. या रीतीचें विशेष वर्णन पुढें विद्युत्प्रकरणीं करण्यांत येईल (क० १११ पहा).

कोणत्याही रीतीनें चुंबित केलें, तरी प्रत्येक चुंबकास कांहीं नियमित परमावधीचें चुंबकत्व मात्र देतां येतें. याहून जास्त देतां येत नाहीं. असें परमावधीचें चुंबकत्व चुंबकास प्राप्त झालें, ह्मणजे तो चुंबक **संपृक्त** किंवा **परिप्लुत** झाला असें ह्मणतात.

१३. चुंबकमाला किंवा **संयुक्त चुंबक:**—सजातीय ध्रुव एकाच

संयुक्त चुंबक असें ह्मणतात. कधीं कधीं अनेक सरळ कांबी एकत्र जोडून चुंबक-माला करितात (आकृति १४ पहा); आणि कधीं कधीं नालाच्या आकाराचे वांकविलेले अनेक चुंबक एकत्र जोडून नालाच्या आकाराची चुंबकमाला किंवा संयुक्त चुंबक करितात (आ० १५ पहा). पातळ पोलादी पट्ट्यांस वेगवेगळे चुंबित करून व तसल्या अनेक पट्ट्या सजातीय ध्रुव एकावर एक ठेवून जोडितात, आणि फार जोराचे संयुक्त चुंबक हल्लीं करितात. वेगवेगळ्या चुंबकांच्या जोरांच्या बेरजेइतका जोर जरी अशा चुंबकमालेचा नसतो, तरी तेवढ्याच वजनाच्या व जाडीच्या एका चुंबकाच्या जोरापेक्षां अशा सांगडीचा जोर पुष्कळ जास्त असतो.



अकृत्रिम किंवा कृत्रिम चुंबकांस मोकळेंच ठेविलें, तर त्यांतील चुंबकत्व लवकरच जातें. ह्मणून सर्व चुंबकांस त्यांतील चुंबकत्व राखण्यासाठीं **धारक** लावावे लागतात. चुंबकाच्या दोहों ध्रुवांस लावून ठेविलेले जे धावडी लोखंडाचे तुकडे असतात, त्यांस **धारक** ह्मणतात. असा धारक आ० १५ मध्यें **द उ** हा आहे. चुंबकाच्या **उ**, **द** या दोन्ही ध्रुवांचें या तुकड्यावर प्रवर्तक कार्य घडून तुकड्यांत **उ** ठिकाणीं उत्तर ध्रुव आणि **द** ठि-काणीं दक्षिणध्रुव उत्पन्न होतात. याप्रमाणें उत्पन्न झालेल्या दोहों ध्रुवांचे चुंबकाच्या ध्रुवांवर उलट आकर्षक कार्य घडून तें कार्य चुंबकांतील

दोहों द्रवांचा संयोग होऊं देत नाहीं; यामुळें चुंबकांतील द्रव वेगळे राहून त्यांची शक्ति कायम राहते. या धारकांस कधींकधीं आंकडे असतात, व त्यांस वजनें टांगतां येतात.

या आंकड्यांस एक पारडें टांगून त्यांत हळूहळू थोडीं थोडीं वजनें घालतात, आणि ज्या वजनानें शेवटीं धारक चुंबकापासून सुटतो, त्या वजनानें चुंबकाची धारकशक्ति मापतां येते; याप्रमाणें नालाच्या आकाराच्या चुंबकाचा जोर काढितात. **टेलिफोन** ह्मणजे **तिरोभणणयंत्र** यामध्यें ज्या चुंबकांचा उपयोग करितात, ते चुंबक इतक्या जोरानें केलेले असतात कीं, त्यांस आपल्या वजनाच्या १५ पासून २५ पट वजन धारण करितां येतें.

कांबीच्या चुंबकानें चुंबककांटा जितका स्थानभ्रष्ट होतो त्यावरून कांबीच्या चुंबकाचा जोर मापितां येतो. याकरितां चुंबनमध्यपातळीशीं काटकोन करण्याजोगी चुंबककांब कांट्यापासून कांहीं अंतरावर अशी ठेवितात कीं, कांबीचा आंस वाढविला असतां तो कांट्यास छेदील. नंतर ज्या चुंबकाचा जोर काढावयाचा असेल, त्यास कांट्याच्या दुसऱ्या बाजूस याच स्थितींत ठेवितात, व दोहों कांबींचे सजातीय ध्रुवच एकमेकांकडे करितात. दुसरी कांब कांट्याच्या जवळ आणिली किंवा दूर नेली ह्मणजे कांहीं अंतरावर असें स्थळ सांपडतें कीं, त्या स्थळीं कांटा आपलें स्थान मुळींच सोडीत नाहीं. अशा वेळीं प्रत्येक चुंबकाचें कांट्यावर सारखें कार्य घडतें. आतां दोहों चुंबकांच्या कार्य करणाऱ्या ध्रुवांचीं परस्पर अंतरें मोजिलीं, तर दोहों चुंबकांचे जोर त्यांच्या अंतराच्या घनाच्या प्रमाणांत असतात. उदाहरणार्थ—**अ** या चुंबकाचें अंतर ६ इंच व **ब** चें ७ इंच असलें तर **अ** आणि **ब** यांचे जोर २१६ : ३४३ किंवा जवळ जवळ १२ : १७ या प्रमाणांत असतात.

पाहणी करण्यासाठीं ज्या साध्या चुंबकयंत्राचा उपयोग करितात, त्यास धारक नसतात. ह्मणून जेव्हां त्या यंत्रांचा उपयोग करावयाचा नसतो, तेव्हां कांट्यावर दाब न घालतां त्यास मोकळें व फिरतें ठेवावें लागतें.

ह्मणजे कांटा हेलकावे खाऊन तो चुंबनमध्यपातळींत स्थिर होतो, आणि पृथ्वीच्या चुंबकत्वाचें त्यांवर—धारकाप्रमाणें कार्य घडतें.

१४. लोखंडी जहाजांचें चुंबकत्वः—जहाजामध्यें जे खिळे, पट्या, पत्रे, गज वगैरे पुष्कळ लोखंडी सामान असतें, त्यांवर भूचुंबनाचें प्रवर्तक कार्य घडून त्यांत चुंबकत्व येतें व त्याचें कार्य होकायंत्रावर घडतें. या स्थानिक आकर्षणामुळें कांट्याची जी स्थानभ्रष्टता होते ती इतकी असते कीं, ती हिशेबांत घेतली नाहीं, तर होकायंत्रानें दाखविलेल्या दिशा अगदीं निरुपयोगी होतात. हें स्थानिक आकर्षण कसें उत्पन्न होतें, व त्याचें निवारण कसें करितां येतें, याचें पूर्ण वर्णन करणें या पुस्तकास शोभणार नाहीं. परंतु त्यांतील मुख्य मुख्य गोष्टी खालीं दिल्या आहेत:—

(१) जहाजांत जे लोखंडाचे तुकडे उभे लंबाकार असतील, ते पृथ्वीच्या ह्मणजे भूचुंबकाच्या कार्यानें चुंबित होतात. उत्तरगोलार्धांत खालचें टोंक उत्तरध्रुव होतें व वरचें टोंक दक्षिणध्रुव असतें. हें टोंक होकायंत्रांतील कांट्याच्या उत्तरध्रुवाजवळ असल्यानें त्याचें कार्य त्यावर घडेल. जोंपर्यंत जहाज चुंबनमध्यपातळींत चाललें असेल, तोंपर्यंत कांट्यावर कांहीं परिणाम घडणार नाहीं; परंतु दुसऱ्या कोणत्याही दिशेंत जहाज जाऊं लागलें, ह्मणजे चुंबनमध्यपातळींतून कांटा बाहेर आकर्षिला जाईल. जेव्हां चुंबनमध्यपातळीशीं काटकोनाकार जहाज जाईल, तेव्हां कांट्यावर अत्यंत परिणाम घडेल.

जहाज सभोंवार वळूं लागलें, ह्मणजे दोन वेळ हें लंबरेषेंत घडणारें प्रवर्तन अत्यंत असेल, व दोन वेळ मुळींच असणार नाहीं. ह्मणून या कारणानें कांट्यास जी स्थानभ्रष्टता येते, तिला **अर्धवर्तुळाकार स्थानभ्रष्टता** (Semi-circular deviation) ह्मणतात.

(२) जहाजांत ज्या आडव्या तुळ्या व कांबी क्षितिजपातळीशीं समांतर असतात, त्यांवरही भूचुंबनाचें प्रवर्तक कार्य घडतें, आणि त्यांतील प्रवर्तित चुंबकत्वाचें होकेच्या कांट्यावर कार्य घडून त्यास भलतीच दिशा प्राप्त होते. जेव्हां जहाज चुंबनमध्यपातळींत असेल तेव्हां, आणि जहाज जेव्हां या पातळीशीं काटकोनाकार असेल तेव्हां, या क्षितिजपातळींतील प्रवर्तनाचा परिणाम कांहीं होणार नाहीं. परंतु या चारी दिशांच्या मध्यंतरीं जहाज येईल, तेव्हां

आडव्या कांबींतील चुंबकत्वाचा कांट्यावर अत्यंत परिणाम घडेल. ह्मणून जहाज आपल्या सभोंवतीं वळूं लागलें ह्मणजे त्याचें डोकें चार वेळां अशा स्थानीं येईल कीं, त्या वेळीं त्यांतील आडव्या कांबीच्या चुंबकत्वाचा कांट्यावर अत्यंत परिणाम घडेल; आणि चार वेळां अत्यंत कमी घडेल. या क्षितिज-पातळींतील प्रवर्तनाच्या परिणामास **पादपीय स्थानभ्रष्टता** (Quadrantal deviation) असें नांव देऊं.

(३) जहाजाच्या झोल्यांचा परिणामः—वाऱ्यानें किंवा लाटांनीं जहाज डुलूं लागलें, ह्मणजे ज्या कोनांतून तें डुलत असेल, त्या मानानें लोखंडी तुळ्यांचा परिणाम चुंबककांट्यावर घडून तो स्थानभ्रष्ट होतो.

जहाज झोले खात असतां त्याचें डोकें होकेच्या उत्तरेस किंवा दक्षिणेस असतें, तेव्हां होकेवर महत्तम ह्मणजे अति ज्यास्त परिणाम घडतो, आणि पूर्वेस किंवा पश्चिमेस असतें तेव्हां लघुत्तम ह्मणजे अति कमी परिणाम घडतो.

(४) लोखंडी जहाज बांधतात तेव्हां लोखंडी कांबी वगैरे वर ठोकल्यानें व दुसऱ्या यांत्रिक कृतींनीं त्यांचें लोखंड कांहीं अंशीं चुंबित होतें. ज्या स्थितींत जहाज बांधलें असेल त्यावर त्यांतील लोखंडाचें चुंबकत्व अवलंबून असतें. हें चुंबकत्व फार दिवस राहत नाहीं. जहाज समुद्रांत लोटलें व त्यानें लाटांचे धक्के कांहीं दिवस खाल्ले ह्मणजे लोहचुंबकत्व बऱ्याच अंशीं जातें; परंतु कांहीं थोडें चुंबकत्व राहतें व त्याचा परिणाम घडतो.

या अनेक कारणांपासून कांट्यावर किती किती परिणाम घडतो तें जहाज सभोंवार गोल फिरवून काढितां येतें. किनाऱ्यावर एक प्रमाणभूत होकायंत्र ठेवून निरनिराळ्या स्थितींत जहाजावरील होकेची तुलना करितात. जहाजास सभोंवार गति देऊन निरनिराळ्या दिशांत त्याचें डोकें किंवा सुकाणु आणून कांट्यावर काय परिणाम घडतात, व त्यानें कांटा किती स्थानभ्रष्ट होतो, हें त्याची किनाऱ्यावरील होकेशीं तुलना करून टिपून घेतात.

याप्रमाणें प्रत्येक दिशेंत कांटा खरें स्थान किती सोडितो, हें पाहून त्याचें एक कोष्टक तयार करितात. एका वर्गाचे खलाशी या कोष्टकाच्या सहाय्यानेंच आपलें जहाज चालवितात. आणि दुसरे कित्येक खलाशी जहाजांतील लो-

खंडाचा परिणाम दुसरे चुंबक व धावडी लोखंडाचे तुकडे यांच्या योगानें खालीं लिहिल्याप्रमाणें नाहींसा करून तसल्या होकेनें आपलीं जहाजें चालवितात.

जहाजांतील लोखंडास जें कायमचें चुंबकत्व प्राप्त होतें त्यानें मुख्यत्वें अर्धवर्तुळाकार स्थानभ्रष्टता उत्पन्न होते. तिला नाहींसें करण्यासाठीं ज्या दिशेंत अर्धवर्तुळाकार कांटा वळतो त्या दिशेंत किंवा तिशीं समांतर होकेंतील कांट्याखालीं दुसरा चुंबक ठेवितात. यानें कांट्यावर परिणाम होत नाहीं.

लोखंडी तुळ्यांनीं जी पादपीय स्थानभ्रष्टता उत्पन्न होते, तिला घालविण्यासाठीं पोकळ ओतींव लोखंडाचे गोल होकेच्या कांट्याच्या पातळींत ठेवितात.

झोल्यामुळें जी स्थानभ्रष्टता उत्पन्न होते ती घालविण्यासाठीं दिशा मांडलेल्या चकतीखालीं एक चुंबक उभा लंबाकार ठेवितात.

पुस्तक ८.

विद्युत् अथवा वीज.

प्रकरण १.

मूळभूत सिद्धांत.

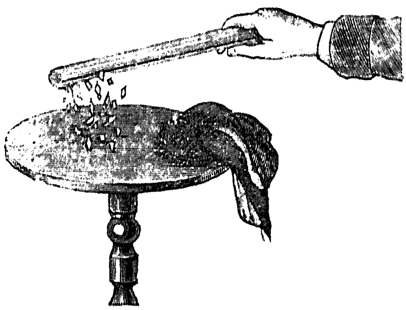
१५. **विद्युत**—विद्युत् हा एक महाशक्तिमान् सृष्टिव्यापारक असून त्याचें ज्ञान आपणास मुख्यत्वें त्याच्या आकर्षक व प्रतिसारक कार्यांवरून होतें; आणि त्याचप्रमाणें प्रकाशजनक व उष्णताजनक परिणाम, शरीरांतील स्नायूंचें आंखडणें, रासायनिक पृथक्करण व दुसरीं जीं अनेक कार्यें या व्यापारकानें घडतात, त्यांवरूनही विद्युल्लतेचें ज्ञान होतें. गुरुत्वाकर्षण जसें स्वभावतःच पदार्थांमध्यें असतें, तशी विद्युत् नसून अनेक कारणांनीं ती पदार्थांत जागृत होते. त्यांमध्यें घर्षण, दाब, रसायनकार्य आणि चुंबकत्व हीं मुख्य होत.

खिस्ती शकाच्या पूर्वीं सुमारें ६०० वर्षें ग्रीस देशांत **थेलस** या नांवाचा एक तत्ववेत्ता होऊन गेला. त्यास समजलें होतें कीं, अंबर या खनिज पदार्थास रेशमानें घांसलें ह्मणजे त्याच्या अंगीं पिसें, पातळ कागदाचे तुकडे, गवताच्या पाला, वगैरे हलक्या पदार्थांस आकर्षण करण्याचा धर्म येतो. त्यानंतर खिस्ती शकाच्या आरंभीं लिहिलेल्या **प्लिनी** या रोम येथील शास्त्रवेत्त्याच्या ग्रंथांत असा उल्लेख आलेला आहे:—बोटें एकमेकांवर घांसलीं ह्मणजे तीं उष्ण होतात, व त्यांच्या अंगीं थोडी चेतना येते. यामुळें चुंबक लोखंडाच्या कणांस आकर्षण करितो, त्याप्रमाणें बोटें गवताच्या काड्यांच्या तुकड्यांस आकर्षण करितात.— एवढेंच कायतें ज्ञान युरोपखंडांतील प्राचीन लोकांस या शक्तीविषयीं होतें, असें दिसतें. पुढें इसवी सनाच्या १६ व्या शतकापर्यंत याविषयीं विचार केलेला कोठें आढळत नाहीं. सोळाव्या शतकाच्या अखेरीस **इलिझाबेथ** राणीचा

वैद्य डाक्टर **ग्लिबर्ट** यानें अंबराच्या अंगीं हा धर्म आहे असें लोकांच्या नजरेपुढें आणून, आणखी असेंही दाखविलें कीं, गंधक, लाख, मेण, कांच इत्यादि कित्येक पदार्थांस लोंकरी कपड्यानें किंवा मांजराच्या सकेश कातड्यानें घांसलें, तर त्यांच्या अंगींही हलक्या पदार्थांस आकर्षण करण्याचा धर्म येतो.

हा प्रयोग करून पाहणें झाल्यास कांचेचा दांडा किंवा लाखेची कांडी हातांत घेऊन तिला फलानीनच्या कपड्यानें किंवा मांजराच्या सकेश कातड्यानें घांसावें, झणजे ज्या भागांवर घांसलें असेल, ते भाग, रेशीम, लोंकर, पिसें, कागद, धान्याचीं टरफलें, सोनेरी वर्ख यांच्या बारीक तुकड्यांस आकर्षण करितात; आणि आकर्षित झाल्यावर दांड्याच्या सन्निध कांहीं वेळ राहून ते पुनः प्रतिसारित होतात (आ० १६ पहा). याप्रमाणें घांसलेल्या पदार्थांच्या अंगीं हलक्या कणांस आकर्षण करण्याचाच मात्र धर्म असतो, असें नाहीं, तर ते अंधेरांत प्रकाशमान दिसतात, व त्यांपासून ठिणग्या निघतात, आणि दुसरींही कित्येक कार्यें होतात. या सर्वांचें मूळ कारण त्यासच **विद्युत्** हें नांव दिलें आहे.

आ० १६



प्राचीनकाळीं व मध्यकाळीं जरी विद्युच्छास्त्राचा उत्कर्ष फारसा झाला नाहीं, तथापि अठरा व एकोणीस या दोन गेल्या शतकांत या शास्त्राची वृद्धि फारच जलद होत गेली; आणि मुख्यत्वें गेल्या ७०।८० वर्षांत विद्युल्लतेविषयीं इतक्या असंख्य व चमत्कारिक गोष्टींचा शोध लागला व विद्युल्लतेचे व्यवहारांत इतके विलक्षण व महत्वाचे उपयोग होऊं लागले कीं, विद्युल्लतेची एका जातीच्या वनदेवतेशींच तुलना करितात, आणि कांहीं अद्भुत चमत्कार दाखीव एवढें तिला झटल्याबरोबर लागलेच ते चमत्कार घडून येतात.

१६. विद्युल्लतेचीं उत्पत्तिस्थानेंः—अनेक कारणांनीं विद्युत् जागृत

होते. त्यांचे ३ विभाग करितां येतात:—(१) यांत्रिक, (२) भौतिक, आणि (३) रासायनिक.

घर्षणाशिवाय मोडणें, दाबणें, आणि चिरणें या यांत्रिक कारणांनींही विद्युत् जागृत होते. एक साखरेचा खडा अंधेरांत फोडला, तर फोडण्यामुळें जी विद्युत् त्यामध्यें जागृत होते तिच्यामुळें तो किंचित् सप्रकाश दिसतो. शिरगोळ्याचा एक चौकोनी तुकडा जर नारिंगावर दाबून लागलाच काढिला, तर तो विद्युत्-जागृत होतो. तसेंच अभ्रकाचा पत्रा घेऊन त्याचे पातळ पत्रे एकमेकांपासून छिनून अंधेरांत सोडविले, तर वेगळे झालेले पृष्ठभाग किंचित् प्रकाशमान दिसतात.

उष्णमानांत फेरफार झाल्यानें कित्येक पदार्थांत विद्युत् उत्पन्न होते. उष्ण-मानांतील फेरफार हे विद्युत् उत्पन्न होण्याचीं भौतिक कारणें होत. हे परिणाम कित्येक खनिज पदार्थांत दिसतात. तोरमल्लीच्या खड्यास उष्ण केलें किंवा शीत केलें ह्मणजे त्याच्या आंगीं विद्युल्लतेचे धर्म येतात.

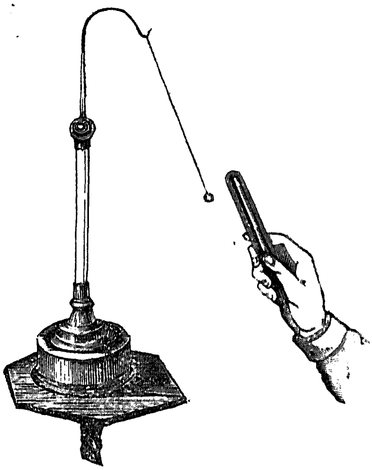
गंधक वितळवून पूर्वीं गरम केलेल्या लहानशा कांचेच्या पेल्यांत ओतला, व त्या रसांत एक कांचेचा दांडा धरिला, तर कांचेच्या दांड्याभोंवतीं गंधक थिजतो; व दांड्यानें पेल्यास वर उचलतां येतें. हा गंधक चांगला विद्युत्-जागृत झालेला असतो.

रासायनिक संयोग वियोग हींच विद्युत् उत्पत्तीचीं रासायनिक कारणें होत. जस्त, लोखंड, तांबें, वगैरे धातूंस आसिडांत बुडविलें, ह्मणजे ते आसिडांत विद्रुत होऊन त्याशीं संयोग पावतात, व क्षार बनतात. हे संयोग होत असतां बरीच विद्युत् उत्पन्न होते. तसेंच संयुक्त पदार्थ पृथग्भवन पावून जेव्हां त्यांपासून एकाकी पदार्थ उत्पन्न होतात, तेव्हांही विद्युत् उत्पन्न होते.

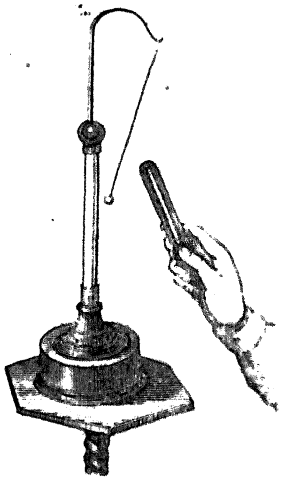
या सर्वांत घर्षण आणि रसायनकार्य यांच्या योगानेंच पुष्कळ विद्युत् उत्पन्न करितां येते. घर्षणानें जी विद्युत् उत्पन्न होते, तिजविषयीं प्रथमतः विवेचन करून, नंतर रसायनजन्य विद्युल्लतेचा विचार करूं.

१७. विद्युद्दर्शक, विद्युल्लंबकः—पदार्थ विद्युज्जागृत आहेत किंवा ना-हींत हें समजण्याकरितां **विद्युद्दर्शक** या यंत्राचा उपयोग करितात. विद्युल्लंबक हा अगदीं साधा विद्युद्दर्शक होय (आ० १७ पहा). एका कांचेच्या दांड्यावर

आ० १७.



आ० १८.



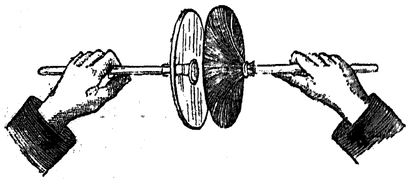
बसविलेल्या पितळी तारेस रेशमी दोऱ्यानें भेंडाची गोटी टांगून विद्युल्लंबक करितात. एकादा पदार्थ विद्युज्जागृत आहे किंवा नाहीं, हें पाहण्यासाठीं या लंबकाच्या गोटीजवळ त्यास नेतात. जर तो विद्युज्जागृत असेल तर गोटी त्याकडे आकर्षिली जाते; आणि विद्युत् जागृत नसला तर आकर्षण घडत नाहीं. तथापि पदार्थामध्यें फारच सूक्ष्म जागृति असली, तर तिचें कार्य विद्युल्लंबकावर होत नाहीं. अशी जागृति ओळखण्याकरितां फार बिकट व सूक्ष्म यंत्र घ्यावें लागतें. त्याचें वर्णन पुढें केलें आहे. (कलम ३३। ५० पहा).

१८. दोन जातींच्या विद्युल्लतांमधील भेदः—रेशमानें घांसून विद्युज्जागृत केलेल्या कांचेच्या रूळास जर विद्युल्लंबकाजवळ आणिलें (आ० १७), तर लंबकाची गोटी प्रथमतः कांचेकडे आकर्षिली जाते. आणि कांचेशीं स्पर्श होतांच ती कांचेपासून दूर जाते, किंवा प्रतिसारित होते. कांचेस गोटीचा स्पर्श झाल्यानें गोटी सजातीय विद्युल्लतेनें जागृत होते, आणि जोंपर्यंत दोहोंमध्यें जागृति असते तोंपर्यंत त्यांस एकमेकांजवळ आणिलें असतां परस्पर प्रतिसारण घडतें. लाखेच्या कांडीस फलानीनच्या कपड्यानें किंवा मांजराच्या सकेश कातड्यानें घांसलें व तिला गोटीजवळ नेलें, तरी हाच परिणाम घडतो. गोटी

विद्युत् जागृत होतात त्या एकाच जातीच्या नसतात. भेंडाच्या गोटीचा विद्यु-
ज्जागृत कांचेच्या रुळास स्पर्श झाल्यावर तिजजवळ विद्युज्जागृत लाखेचा रूळ आणि नंतर विद्युज्जागृत कांचेचा रूळ असे नेले तर गोटी लाखेच्या रुळानें **आकर्षिली** जाईल; आणि कांचेच्या रुळानें **प्रतिसारित** होईल. तसेंच विद्युज्जागृत लाखेच्या रुळास गोटीचा स्पर्श होऊन ती जागृत झाली, तर ती या रुळापासून **प्रतिसारित** होईल. परंतु विद्युजागृत कांचेच्या रुळाकडे **आकर्षिली** जाईल (आ० १८ पहा).

एका कांचेच्या वर्तुळाकार भिंगास कांचेची विद्युत्स्थापक मूठ बसवावी व तेवढीच लांकडी फळीची दुसरी चकती घेऊन तिजवर फ्लानेलच्या कपडा मढवावा व त्या फळीसही कांचेची मूठ बसवावी (आ० १९ पहा). अशा

आ० १९.



दोन चकत्या घेऊन दोहों विद्युल्लतांमधील भेद चांगला दाखवितां येतो. या दोन चकत्यांस एकमेकांवर घांसून दोहोंस वेगवेगळे विद्युल्लंबकाच्या जागृत केलेल्या गोटीजवळ नेलें, तर गोटी एकीनें आकर्षिली जाईल व दुसरीनें प्रतिसारित होईल.

या तऱ्हेच्या प्रयोगावरूनच दोन भिन्न तऱ्हेच्या विद्युत् आहेत, असें **ड्यूफे** यानें प्रथमतः अनुमान केलें. कांचेच्या घर्षणानें जी विद्युत् उत्पन्न होते, ती एक जातीची असते; व लाखेच्या घर्षणानें दुसऱ्या जातीची उत्पन्न होते. पहिलीस **कांचविद्युत्** व दुसरीस **लाक्षविद्युत्** अशीं नांवें देण्यांत आलीं आहेत.

१९. विद्युद्द्रव कल्पनाः—विद्युल्लतेच्या योगानें जरी फार महत्वाचीं व चमत्कारिक कार्यें घडतात, तरी विद्युल्लतेचें खरें स्वरूप काय आहे हें अद्याप समजलें नाहीं. विद्युल्लतेपासून जे अनेक परिणाम घडतात, त्यांचीं कारणें

सांगतां येण्यासाठीं विद्युल्लतेविषयीं अनेक कल्पना बसविलेल्या आहेत. त्या सर्वांत **सीमर** याची कल्पना फार सयुक्तिक आहे, व ती खालीं दिली आहे.

या कल्पनेंत असें गृहीत घेतलें आहे कीं, प्रत्येक पदार्थांत फार चपल व गुरुत्वशून्य असें एक अपरिमित परिमाणाचें द्रव्य असतें, व त्यास **विद्युद्द्रव** ह्मणतात.

हा द्रव **धन** आणि **ऋण** अशा दोन जातींच्या द्रवांच्या संयोगानें झालेला आहे. जेव्हां दोन्ही द्रव एकत्र संयोग पावलेले असतात, तेव्हां ते एकमेकांस निर्वीर्य व शून्यवत् करितात, आणि तेव्हां पदार्थ स्वाभाविक स्थितींत असतो. घर्षण, रसायनकार्य, आणि दुसरीं कित्येक कारणें यांनीं पदार्थांतील या विद्युद्द्रवाचें पृथग्भवन होऊन धन व ऋण हे दोन द्रव वेगळे होतात; परंतु या दोहोंपैकीं कोणताही एक द्रव दुसरा तितकाच उत्पन्न झाल्याशिवाय कधींही उत्पन्न होत नाहीं. तथापि एकाद्या पदार्थामध्यें दोहोंपैकीं एक किंवा दुसरा द्रव जास्त किंवा कमी असूं शकतो; आणि असें घडतें तेव्हांच तो पदार्थ **धनविद्युल्लतेनें** किंवा **ऋणविद्युल्लतेनें जागृत** झाला आहे असें ह्मणतात. या दोहों विद्युल्लतांस **कांचविद्युत्** व **लाक्षविद्युत्** असें पूर्वी ह्मणत. परंतु आतां त्यांस अनुक्रमें **धन** आणि **ऋण** विद्युत् हींच नांवें देतात. आणि हीं नांवें **फ्रांक्लिन्** यानेंच प्रथमतः प्रचारांत आणिलीं. ज्याप्रमाणें गणितशास्त्रांत धन व ऋण अशा सारख्या रकमा मिळविल्यानें नष्ट होतात, तद्वतच धन व ऋण हे द्रव सारख्या प्रमाणानें एकत्र झाले ह्मणजे शून्यवत् होतात. ह्मणून हीं नांवें बरीं दिसतात. परंतु हा भेद केवळ सोयीचा आहे. आणि दोहोंस दोन भिन्न नांवें देतां यावीं, याहून जास्त यांत अर्थ नाहीं. लाक्षविद्युतेस धनविद्युत् ह्मटलें, व काचविद्युतेस ऋणविद्युत् ह्मटलें, तरी कांहीं हरकत येणार नाहीं.

एकाच जातीच्या ह्मणजे सजातीय विद्युल्लता परस्परांस प्रतिसारण करितात. व भिन्न भिन्न जातीच्या ह्मणजे विजातीय विद्युल्लता एकमेकांस आकर्षण करितात. कित्येक पदार्थांच्या पृष्ठभागावर सर्व ठिकाणीं मोकळेपणीं विद्युल्लता राहूं शकते, व पसरते. अशा पदार्थांस **विद्युद्वाहक** ह्मणतात. आणि ज्या कित्येक पदार्थांच्या सर्व भागांवर विद्युत् न पसरतां कांहीं भागावर मात्र राहूं शकते, त्या पदार्थांस **अवाहक** ह्मणतात (क० २२).

हीच कल्पना सर्वांनी पूर्ण ग्रहण केलेली आहे.

२०. विद्युदाकर्षण आणि प्रतिसारण यांविषयीं नियमः— विद्युल्लतेविषयीं वरची द्विद्रव कल्पना गृहीत घेतली, तर विद्युदाकर्षण आणि प्रतिसारण यांचे नियम असे देतां येतातः—

(१) एकाच विद्युल्लतेनें जागृत असलेले पदार्थ परस्परांस प्रतिसारण करितात, आणि विजातीय विद्युल्लतांनीं जागृत केलेले पदार्थ एकमेकांस आकर्षण करितात.

(२) दोन विद्युज्जागृत पदार्थांमधील परस्पर आकर्षण व प्रतिसारण दोहोंमधील अंतराच्या वर्गाच्या व्युत्क्रम प्रमाणांत असतें.

याचा अर्थ असा कीं, जर दोन पदार्थ विद्युल्लतेनें जागृत केले, तर त्यांमधील विद्युल्लता विजातीय किंवा सजातीय असतील, त्याप्रमाणें ते एकमेकांस कांहीं नियमित शक्तीनें आकर्षण करितील, किंवा प्रतिसारण करितील. आतां जर त्यांमधील अंतर दुप्पट किंवा तिप्पट केलें, तर आरंभीं जें आकर्षण व प्रतिसारण होतें, त्याच्या $\frac{1}{4}$ किंवा $\frac{1}{9}$ आतां असेल.

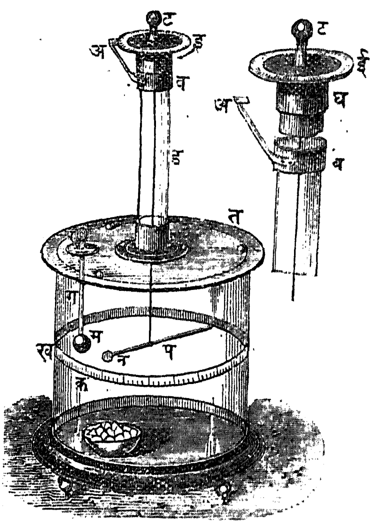
(३) अंतर तेंच असेल तर दोन विद्युज्जागृत पदार्थांमधील परस्पर आकर्षण व प्रतिसारण यांचा जोर त्यांतील जागृतींच्या गुणाकाराच्या प्रमाणांत असतो.

उदाहरणार्थः—विवक्षित दोन पदार्थांपैकीं एकांतील जागृति मूळच्या दुप्पट किंवा तिप्पट केली, तर तिच्या आकर्षणाचा किंवा प्रतिसारणाचा जोर दुप्पट किंवा तिप्पट होईल.

यांपैकीं पहिला नियम मागें वर्णन केलेल्या प्रयोगांवरून सिद्ध आहे. दुसरा व तिसरा हे नियम प्रथमतः **कोलंब** यानें प्रसिद्ध केले; आणि **विद्युत्तुला** या नांवाचें एक यंत्र काढून त्या यंत्रानें त्यानें सिद्ध करून दाखविलें.

२१. कोलंब याची विद्युत्तुलाः—हें यंत्र आकृति २० मध्यें दाखविलें आहे. यांत १०।१२ इंच व्यासाचें व ८।९ इंच उंचीचें दोहों बाजूंनीं उघडें असें एक कांचेचें पंचपात्र असून तें एका फळीवर खांचेंत बसविलेलें असतें. त्याचें वरचें तोंड कांचेच्या भिंगानें झांकलेलें असतें. या भिंगास मध्यें व कडेस अशीं दोन भोंकें असतात. मधल्या भोंकांत दीड किंवा दोन इंच व्यासाची व ७ किंवा ८ इंच उंचीची कांचेची नळी **ड** बसविलेली असते. तिच्या माथ्यावर पितळेचें टोपण असतें, व त्याचे दोन भाग असतातः—(१) **ब** हें एक वळें **ड** नळीवर गच्च बसविलेलें असतें; व दुसरें **घ** वळें **ब** वळ्यांत बरोबर बसतें, व त्यास **ट** खुंटीनें दोहों बाजूंस हवें तिकडे **ब** वळ्यांत फिरवितां येतें. या वळ्याच्या माथ्यावर **इ** ही वर्तुळाकार तबकडी असून तिच्या परिघावर ३६० अंश पाडलेले असतात. ही तबकडी **घ** वळ्यावर गच्च बसविलेली असून त्याबरोबर फिरते. **ब** वळ्यास घट्ट बसविलेला **अ** हा एक ताण असतो. त्याच्या योगानें **इ** तबकडीस दाबून धरितां येतें; आणि तबकडी किती अंशांतून फिरविली, हेंही मोजतां येतें. ह्मणजे या ताणाचा दर्शकाप्रमाणें उपयोग होतो.

आ० २०.   आ० २१.



या तबकडीस खालून एक आंकडा असतो. त्यास एक बारीक रुप्याची तार अडकविलेली असून तिच्या खालच्या टोंकास लाखेची सुतासारखी बारीक काडी **प** बांधलेली असते. हिच्या एका टोंकास धातूच्या वर्खानें मढविलेली **न** ही चकती असते. पंचपात्रावरच्या झांकणाच्या कडेच्या भोंकांत घालण्याचा **ग** हा कांचेचा दांडा असतो. यास **र** हें माथ्यावर लांकडी टोपण

पट्टीचें वर्तुळ चिकटविलेलें असतें, व त्याचा ० अंश [illegible]
म पितळी बोंडासमोरच असतो.

या यंत्रानें प्रयोग करतेवेळीं कांचेच्या पंचपात्रांत क्याल्सियम क्लोराईड हा आर्द्रताशोषक पदार्थ एका वाटींत कांहीं वेळ ठेवून पंचपात्रांतील हवा अगदीं कोरडी करितात. नंतर **इ** तबकडी फिरवून तिच्या परिघावरील ० अंश **अ** ताणासमोर आणून ताण वर्तुळावर बसवितात. नंतर **घ** टोपणासह **ड** कांचेची नळी हळू फिरवून रुपेरी तारेचा पीळ काढितात, व **प** लाखेच्या काडीची **न** चकती **प** काडी स्थिर असतां पंचपात्राच्या वर्तुळावरील ० अंशावर येई असें करितात. कांचेच्या दांड्याचें **म** बोंडही त्याच ठिकाणीं ० अंशासमोरच असतें, ह्मणून दोन्ही एकमेकांवर थडकतात. आतां कांचेचा दांडा बाहेर काढून त्याच्या **म** बोंडास विद्युज्जागृत करितात, व त्यास पुनः यंत्रांत घालितात. **म** बोंड **न** चकतीस स्पर्श करितांच चकतीमध्यें जागृति जाते, व ती प्रतिसारित होते; आणि कांहीं हेलकावे खाऊन स्थिर राहते. उदाहरणार्थ असें समजूं कीं, ती १० अंशावर स्थिर राहिली आहे. धातूच्या तारेस पीळ घातला ह्मणजे पीळ काढून ह्मणजे उलट फिरून पूर्व स्थितींत येण्याचा तिच्या अंगीं जोर येतो; व तो जोर पीळ घालतांना जेवढा कोन झाला असेल, त्याच्या प्रमाणांत असतो. पीळ घालतांना जर मोठा कोन झाला असेल, तर पूर्व स्थितींत येण्याचा जोर जास्त असतो; आणि कोन कमी होतो, तेव्हां हा जोरही कमी असतो. आतां लाखेच्या काडीची चकती **म** बोंडापासून १० अंश अंतरावर आहे. **म** बोंडाच्या अंगीं जर चकतीस दूर लोटण्याचा व कांहीं अंतरावर ठेवण्याचा जोर नसता, तर पिळाच्या जोरानें चकती पूर्व स्थितींत आली असती. ज्यापेक्षां चकती १० अंश अंतरावर राहिली आहे, त्यापेक्षां बोंडांतील विद्युल्लतेचा प्रतिसारक जोर १० अंश कोनांतील पिळाच्या जोराबरोबर असला पाहिजे. १० अंशाचा वर्तुळ कंस बहुतेक जवळ जवळ त्याच्या ज्येबरोबरच असतो. ह्मणून **म** आणि **न** यांमधील अंतर १० अंशाचा वर्तुळ कंस दर्शवितो, असें ह्मटलें तरी मोठीशी चूक होणार नाहीं. **इ** तबकडीस डावीकडून उजवीकडे ह्मणजे

तारेस अधिक पीळ देऊन फिरविलें, तर **म** बोंडापासून ५ अंश अंतरावर **न** चकतीस आणण्यास ३५ अंशांतून तबकडीस फिरवावें लागतें. ह्मणजे तारेस ३५ अंशांतून फिरवून पीळ घालावा लागतो. याप्रमाणें माथ्याकडे फिरविल्यानें ३५ अंश आणि खालीं असलेलें अंतर ५ अंश असा एकंदर ४० अंश तारेस पीळ पडला आहे. ह्मणजे पूर्वी १० अंश पीळ होता तो आतां चौपट झाला. **म** आणि **न** यांमध्यें १० अंश अंतर होतें तेव्हां तारेस १० अंशाचाच पीळ पडला होता; व एवढ्या पिळानें तिच्या अंगीं जो पूर्वस्थितींत येण्याचा जोर होता, तेवढाच **म** आणि **न** यांमधील प्रतिसारणाचा जोर होता. परंतु तेंच अंतर पांच अंश ह्मणजे निम्मे करितांच दोहोंमधील प्रतिसारणाचा जोर चौपट वाढला. कारण ५ अंशावर चकतीस धरण्यास तारेस ४० अंश एकंदर पीळ घालावा लागला. यामुळें तारेचा पीळ काढण्याचा जोरही चौपट वाढला आहे. कारण पिळाचा जोर पिळाच्या कोनाच्या प्रमाणांत असतो. ह्मणून अंतर निम्मे करितांच प्रतिसारण चौपट वाढलें. याप्रमाणें असेंही दाखवितां येईल कीं, **म** आणि **न** यांमधील अंतर $\frac{1}{3}$ करण्यास तारेस एकंदर ९० अंश ह्मणजे मूळच्या ९ पट पीळ पडला पाहिजे. यास्तव, विद्युज्जागृत पदार्थांमधील परस्पर आकर्षण व प्रतिसारण दोहोंमधील अंतराच्या वर्गाच्या व्युत्क्रम प्रमाणांत असतें, हा दुसरा नियम सिद्ध झाला.

विद्युज्जागृत पदार्थांमधील आकर्षण व प्रतिसारण यांचा जोर त्यांमधील जागृतीच्या गुणाकाराच्या प्रमाणांत असतो; हा तिसरा नियम सिद्ध करण्याकरितां **म** बोंडास बाहेर काढून पुन: विद्युज्जागृत करून पंजपात्रांत घालावें. **न** चकतीस त्याचा स्पर्श होतांच ती प्रतिसारित होते. असें समजू कीं, चकती १२° प्रतिसारित झाली आहे. नंतर **म** बोंड बाहेर काढून विद्युत्स्थापित आणि जागृति नसलेल्या अशा तेवढ्याच व्यासाच्या पितळेच्या दुसऱ्या बोंडास **म** बोंड लावावें. ह्मणजे **म** बोंडांतील विद्युत् दोहोंवर सारखी पसरून **म** बोंडांत पूर्वींच्या निमे जागृति राहील. आतां हें **म** बोंड पुन: पंजपात्रांत घातलें तर **न** चकती फक्त ६° वरच प्रतिसारित राहील, व तिसरा नियम सिद्ध होईल.

२२. वाहक आणि अवाहक:—कांचेच्या दांड्यास एका टोंकावर घांसून त्यास विद्युद्दर्शकाजवळ आणिलें, तर ज्या भागावर घांसलें असेल, तो

जात नाहीं. ह्मणजे या पदार्थांत विद्युल्लतेचें वहन होत नाहीं. ह्मणून यांस **अवाहक** ह्मणतात. प्रयोगावरून असें सिद्ध होतें कीं, धातूच्या दांड्यांत कोठेंही विद्युल्लता आली, तरी ती तत्काळ सर्व पृष्ठभागावर पसरते. ह्मणून धातूस विद्युल्लतेचे चांगले **वाहक** असें ह्मणतात.

याकरितां **वाहक** आणि **अवाहक** असे पदार्थांचे दोन वर्ग करितात. हा भेद पूर्ण व स्पष्ट असतो, असें मात्र समजूं नये; ह्मणजे विद्युल्लतेच्या वहनास वाहकांत मुळींच प्रतिबंध होत नाहीं किंवा अवाहकांत मुळींच विद्युत् वाहत नाहीं, अशी गोष्ट नसते. सर्व पदार्थांचा विद्युल्लतेच्या वहनास कांहीं प्रतिबंध होतो. हा प्रतिबंध पदार्थांच्या धर्माप्रमाणें जास्तकमी होतो. ज्या पदार्थांचा विद्युद्वहनास फार थोडा प्रतिबंध होतो, त्यांस **वाहक** ह्मणतात, आणि ज्यांचा फार प्रतिबंध होतो, त्यांस **अवाहक** किंवा **स्थापक** ह्मणतात. विद्युद्वहन हे विद्युत्प्रतिबंधाच्या अगदीं उलट आहे. वाहक आणि अवाहक यांमध्यें जातिविशिष्टभेद नसून परिमाणविशिष्टभेद असतो. ज्यापासून विद्युल्लतेच्या वहनास कांहीं थोडा सुद्धां प्रतिबंध होत नाहीं, असा उत्तम वाहकच नसतो. आणि जो पदार्थ विद्युल्लतेस पूर्णपणें कोंडून धरितो, व अगदीं थोड्या विद्युल्लतेस सुद्धां बाहेर जाऊं देत नाहीं, असा उत्तम अवाहक किंवा विद्युत्स्थापकही पदार्थ नसतो. वाहकशक्ति कमी होत होत ज्यांची फार कमी झालेली असते, त्यांसच अवाहक किंवा स्थापक ह्मणतात. या दोहोंमध्यें अगदीं स्पष्ट भेद दाखविण्याजोगें त्यांस वेगळे करितां येत नाहीं.

वाहक, अर्धवाहक, आणि अवाहक यांचें खालीं कोष्टक दिलें आहे. त्याचा अर्थ आतां सांगितल्याप्रमाणें समजावयाचा आहे. ज्या पदार्थास हातांत घेऊन कोणत्या तरी विद्युल्लतेनें जागृत केलेल्या विद्युद्दर्शकास किंवा दुसऱ्या विद्युज्जागृत पदार्थास लाविलें ह्मणजे त्यांतील जागृति तत्क्षणीं यांत येते, त्यांस वाहकांच्या वर्गांत घातलें आहे; ज्यांची जागृति थोड्याच पण कांहीं सेकंदांनीं जाते, त्यांस

अर्धवाहकांच्या वर्गांत घातलें आहे; आणि ज्यांची जागृति कांहीं मिनिटांनीं सुद्धां फारशी जात नाहीं, त्यांस अवाहकांत गणिलें आहे.

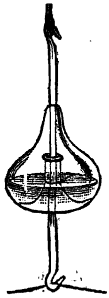
वाहक.	अर्धवाहक.	अवाहक.
धातु	आल्कोहोल व ईथर	कोरडे शुष्क आक्साईड.
शिसपेनीचा दगड	कांचेची पूड	हवा
आसिडें	वाळलेलें लांकूड	शुष्क वायु
पाणी		शुष्क कागद
हीम		रेशीम
वनस्पति		हिरा व रत्नें
प्राणी		रबर
		कांच
		गंधक
		राळ

२३. विद्युत्स्थापक पदार्थः—वाहकांस विद्युज्जागृत करणेंः—मंदवाहकांस **विद्युत्स्थापक** ह्मणतात. कारण ज्या पदार्थांत विद्युत् राहवी अशी आपली इच्छा असते, त्यांस मंदवाहक पदार्थांच्या बैठकीवर बसवितात. जोंपर्यंत वाहकाभोंवतीं विद्युत्स्थापक पदार्थ असतो, तोंपर्यंत त्यांमध्यें विद्युज्जागृति राहते. असें नसतें, तर विद्युज्जागृत पदार्थ पृथ्वी या उत्तम वाहकाच्या सन्निध येतांच त्यांतील जागृति पृथ्वीमध्यें गेली असती, व जिकडे तिकडे पसरली असती. ह्मणून पृथ्वीस **विद्युल्लतेचें भांडार** असें ह्मणतात. कांचेच्या पायावर बसविलेल्या फळीवर किंवा राळेच्या किंवा गटापर्चाच्या वडीवर पदार्थ ठेविल्यानें किंवा रेशमी दोऱ्यानें टांगिल्यानें तो विद्युत्स्थापित होतो. तथापि कोणत्याच पदार्थाच्या योगानें विद्युल्लतेस पूर्णपणें अलग किंवा स्थापित करितां येत नाहीं. विद्युज्जागृत पदार्थास ज्या विद्युत्स्थापक बैठकीवर ठेविलेलें असतें, त्यांतून जागृत पदार्थाची जागृति जास्तकमी नेहमीं जाते. कांच हा स्वतः फार उत्तम विद्युत्स्थापक पदार्थ आहे. तथापि तो नेहमीं कांहींसा आर्द्रताशोषक असतो, ह्मणून त्याजवर हवेंतील जी पाण्याची वाफ जमते, किंवा थिजते, तिच्या द्वारें विद्युत् जाते. कांचेवर लाखेचें किंवा

जाण्याचें नेहमीं हेंच मुख्य कारण असतें.

जेव्हां एकाद्या तारेस विद्युत्स्थापित करावयाचें असतें, तेव्हां **मास्कर्ट** यानें शोधून काढिलेला विद्युत्स्थापक उपयोगीं पडतो. (आ० २२ पहा). एका कांचेच्या दांड्यावर एक कांचेचें भांडें वितळवून बसविलेलें असतें, व या भांड्यांत थोडें तीव्रसल्फ्यूरिक आसिड घातलेलें असतें. हें आसिड अतिशय आर्द्रताशोषक असल्यामुळें कांचेच्या दांड्याच्या खालच्या भागास शुष्क ठेवितें, व या ठिकाणीं दांड्यास विद्युज्जागृत तार अडकविलेली असते.

आ० २२



धातु शीघ्र विद्युद्ग्राहक असल्यामुळें त्यांस हातांत धरून घांसलें असतां ते विद्युज्जागृत होत नाहींत. परंतु त्यांस विद्युत्स्थापित करून घांसलें, तर त्यांत जागृति राहते, हें खालील प्रयोगावरून दिसून येईल.

एका पितळेच्या नळीस कांचेची मूठ लावून त्या मुठीनें नळीस हातांत धरावें (आ० २३ पहा). आणि नंतर कोरड्या रेशमी किंवा लोंकरी कपड्यानें तिजवर घांसावें. नंतर मुठीनेंच धरून नळीस विद्युल्लंबकापाशीं नेलें, तर लंबकाची गोटी तिजकडे आकर्षिली जाते, व नंतर प्रतिसारित होते. जर नळीस हातांत धरिलें, तर आकर्षण मुळींच घडत नाहीं. घर्षण झाल्यामुळें विद्युत् उत्पन्न होते; परंतु नळी हातांत असली तर ती लागलीच शरीरांतून जमिनींत जाते.

आ० २३.



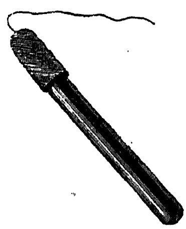
हाच प्रयोग पुढें आ० २५ मध्यें दाखविलेल्या विद्युत्स्थापित पितळेच्या गोलानेंही करितां येतो. कांचेच्या दांड्यानें त्यास धरून कोरड्या रेशमी दस्तरुमालानें त्यावर मारिलें, ह्मणजे तो विद्युज्जागृत होतो.

5305

स्पर्शानें जी विद्युज्जागृति येते, ती फक्त वहनामुळें होय. विद्युज्जागृत वाहकाचा स्वाभाविक स्थितींत असलेल्या विद्युत्स्थापित वाहकास स्पर्श झाला, तर पहिल्यांतील कांहीं जागृति तत्काळ दुसऱ्यांत जाते. जर दोन पदार्थांचा पृष्ठभाग व आकार सारखा असला, उदाहरणार्थ दोन्ही वाहक समान व्यासाचे गोल असले तर दोहोंवर सारखी विद्युत् वांटली जाते. परंतु त्यांचे आकार व पृष्ठभाग भिन्न असले, तर मात्र दोहोंवर सारखी विद्युत् वांटली जात नाहीं.

२४. घर्षणानें विद्युत् उत्पन्न होण्याचा नियमः—दोन पदार्थांस एकमेकांवर घांसलें, म्हणजे नेहमीं धन आणि ऋण अशा दोन जातींच्या विद्युल्लता एकदम सारख्या परिमाणाच्या उत्पन्न होतात; आणि एका पदार्थांत धनविद्युत् राहते व दुसऱ्यांत ऋणविद्युत् राहते. पुढील **फारेडे** याच्या प्रयोगानें हें चांगलें सिद्ध करितां येतें. एका लाखेच्या जाड रुळाच्या डोक्यावर बसण्याजोगी फलानीनच्या कपड्याची पिशवी करावी, व उचलण्याकरितां तिला

आ० २४.



एक रेशमी दोरा लावावा (आ० २४ पहा). या पिशवीनें लाखेच्या रुळावर चार पांच वेळ चोळावें, आणि पिशवीस रेशमी दोऱ्यानें उचलून धनविद्युल्लतेनें जागृत केलेल्या विद्युल्लंबकाच्या गोटीजवळ तिला न्यावें, म्हणजे गोटी पिशवीपासून दूर जाईल; आणि पिशवींत धनजागृति आहे हें सिद्ध होईल. परंतु लाखेच्या रुळास त्याच गोटीजवळ नेलें, तर गोटी रुळाकडे आकर्षिली जाईल. यावरून रुळांत ऋणजागृति आहे, असें सिद्ध होतें. दोन्ही जातींच्या विद्युत् सारख्या परिमाणाच्या असतात. कारण रुळावर पिशवी किंवा टोपी असतां रुळास विद्युद्दर्शकाजवळ नेलें, तर त्याचें दर्शकावर कांहीं कार्य घडत नाहीं.

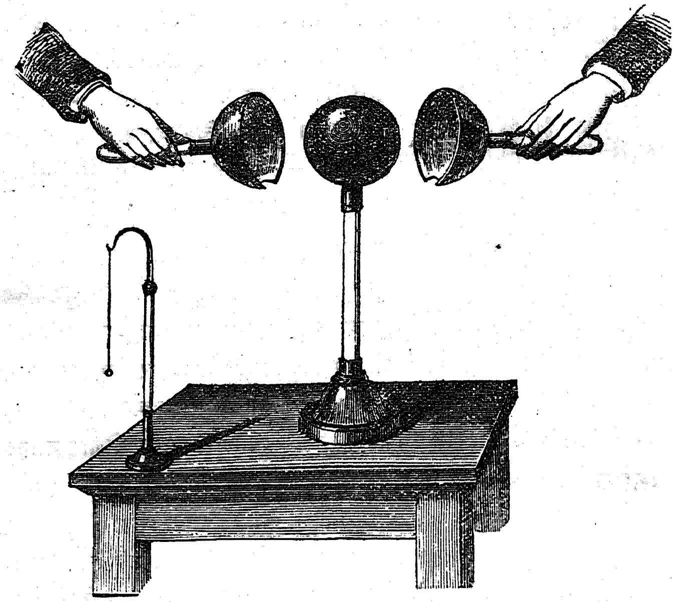
विवक्षित पदार्थावर अमुक जातीची विद्युत् उत्पन्न होणें हें त्यास ज्यानें घांसलें असेल त्यावर अवलंबून असतें. कांचेस मांजराच्या सकेश कातड्यानें घांसलें तर ती ऋणविद्युल्लतेनें जागृत होते. परंतु रेशमानें घांसलें तर धन-

विद्युल्लतेनें जागृत होते. तसेंच गंधकाच्या कांडीस हातानें घांसलें तर ती ऋण-विद्युल्लतेनें जागृत होते; परंतु उडणाऱ्या कापसानें (गनकॉटन) घांसलें, तर धनविद्युल्लतेनें जागृत होते. पुढें विद्युच्छ्रेणी दिली आहे, तिजमध्यें पदार्थ अशा क्रमानें दिले आहेत कीं, श्रेणींतील प्रत्येक पदार्थ पुढील पदार्थाच्या घर्षणानें धनविद्युल्लतेनें जागृत होतो; आणि मागील पदार्थाच्या घर्षणानें ऋणविद्युल्लतेनें जागृत होतो:—

१ मांजराचें सकेश कातडें.	५ हात.	९ राळ.
२ फलानीन.	६ लांकूड.	१० गंधक.
३ कांच.	७ धातु.	११ गटापर्चा.
४ रेशीम.	८ रबर.	१२ गनकाटन किंवा उड-णारा कापूस.

२५. पदार्थाच्या पृष्ठभागावर विद्युल्लतेचें प्रसरण:—अनेक प्रयोगांवरून असें दिसतें कीं, पदार्थास विद्युज्जागृत केलें, ह्मणजे सर्व विद्युत् फक्त पृष्ठभागावर पसरते आणि तेथें तिचा अत्यंत पातळ थर जमतो, व तेथून तिला निघून जाण्यास कांहीं प्रतिबंध झाला नाहीं तर ती निघून जाते. पुढील **बॉयट** याच्या प्रयोगावरून हें सिद्ध करितां येतें. एक पोकळ पितळेचा गोल कांचेच्या विद्युत्स्थापक दांड्यावर बसविलेला आहे. या गोलावर बरोबर बसणारीं पितळेच्या पातळ पत्र्याचीं दोन गोलार्धें असून त्यांस उचलण्यास कांचेच्या मुठी आहेत. गोलास विद्युज्जागृत करून त्यावर हीं दोन गोलार्धें बरोबर बसविलीं आणि नंतर पटकन दोहोंस एकदम काढून घेतलें, तर असें आढळेल कीं, गोलार्धें जागृत झालीं आहेत, आणि गोलांतील जागृति जाऊन गोल स्वाभाविक स्थितींत आला आहे (आ० २५ पहा). याप्रमाणें पदार्थाचा जणूं काय पृष्ठभागच काढून घेतल्यावर त्यांतील सर्व मोकळ्या विद्युल्लतेसही काढून घेतां येतें. यावरून विद्युत् फक्त पृष्ठभागींच असते असें सिद्ध होतें. एक पोकळ व एक भरींव असे दोन धातूचे गोल घेतले, आणि विद्युद्यंत्राच्या मुख्य वाहकास लावून

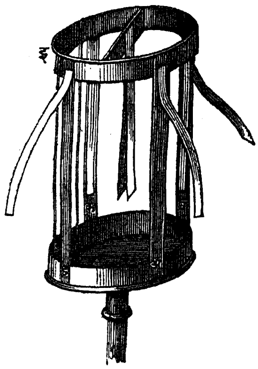
आ० २५.



त्यांस जागृत केलें, तर दोहोंमध्यें सारखीच जागृति जाते. यावरूनही विद्युत मुख्यत्वें पृष्ठभागावर राहते हें सिद्ध होतें. जागृत केलेल्या भरींव व पोकळ गोलास सुवर्णपत्र विद्युद्दर्शकापासून सारख्या अंतरावर प्रथम एकास व नंतर दुसऱ्यास ठेविलें, तर वर्खं सारख्या मानानें फांकतात; यावरून दोहोंमध्यें सारखीच जागृति असते हें उघड होतें.

हीच गोष्ट पुढील यंत्रानेंही दाखवितां येते. कथलानें मढविलेल्या लोखंडी पातळ पत्र्यांच्या दोन अरुंद पट्ट्या इ कापून त्यांचीं ८ किंवा १० इंच व्यासाचीं दोन वळीं करावीं, आणि त्यांस याच पत्र्याच्या **अ, ब, क, ड** या उभ्या पट्ट्यांनीं परस्परांस जोडावें; व याशिवाय आणखी २० किंवा पंचवीस उभ्या तारांनींही त्यांस जोडावें (आ० २६ पहा). आकृतींत यांपैकीं फक्त दोन

आ० २६.



ताराच दाखविल्या आहेत. कारण सर्व तारा दाखविल्या असत्या तर आंतील भाग दिसला नसता. उभ्या चार पट्ट्यांपैकीं प्रत्येक पट्टीस एक आंतून व एक बाहेरून अशा दोन कागदाच्या पट्ट्या चिकटवाव्या, व वरच्या वळ्यावर एक आडवी पत्र्याची पट्टी बसवून तिला मध्यभागीं दोहों बाजूंस दोन कागदाच्या पट्ट्या चिकटवाव्या. या यंत्रास विद्युत्स्थापक बैठकीवर ठेवून आणि विद्युद्यंत्राच्या मुख्य वाहकास एका धातूच्या सांखळीनें जोडून विद्युज्जागृत केलें, तर बाहेरच्या कागदाच्या पट्ट्या मात्र प्रतिसारित होतील; आणि पत्र्याच्या आंतील बाजू मुळींच जागृत न होतां त्यांस चिकटविलेल्या पट्ट्या प्रतिसारित होणार नाहींत.

फ्रांकलीन यानें एका धातूच्या चहादाणींत एक लांब सांखळी घातली, आणि तोटीस दोन भेंडाच्या गोळ्या टांगिल्या. नंतर चहादाणीस विद्युत्स्थापित बैठकीवर ठेवून तिला त्यानें विद्युज्जागृत केलें, तेव्हां तोटीस टांगलेल्या गोळ्या फांकल्या. मग सांखळीस बांधलेल्या रेशमी दोऱ्यानें सांखळी बाहेर ओढून जसजसें तो लांबवूं लागला, त्याप्रमाणें बाह्य पृष्ठभाग वाढल्यानें त्यावर जागृति पसरली, आणि तोटीस टांगलेल्या गोळ्या फांकल्या होत्या त्या जवळ जवळ येऊं लागल्या आणि सांखळीस पुनः भांड्यांत घालतांच पूर्वी इतक्याच गोळ्या पुनः फांकूं लागल्या. या ठिकाणीं प्रयोगांत एकंदर धातूचें वजन तेवढेंच होतें. परंतु सांखळीस बाहेर ओढून पृष्ठभाग वाढवितांच जागृति पसरून तिचें मान पूर्वींच्या पृष्ठभागावर कमी दिसूं लागलें.

पृष्ठभागावर विद्युल्लता पसरलेली असते, हें दाखविण्याकरितां **फारेडे** यानें एका फार चमत्कारिक प्रयोगाची योजना केली होती. १२ फूट औरस चौरस एक मोठी लांकडी पेटी करून तिला त्यानें बाहेरून शिशाच्या पत्र्यानें मढविलें, व येणेंकरून तिच्या पृष्ठभागास वाहकत्व आणिलें. या पेटीस विद्युत्स्थापक पदार्थानें जमिनीपासून अलग करून एका मोठ्या शक्तिमान् अशा

विद्युद्यंत्रास जोडिलें, व यंत्र फिरविलें. तेव्हां **फारेडे** त्या पेटींत जाऊन बसला, निजला, तेथें त्यानें मेणबत्त्या पेटविल्या, विद्युन्मापकें ठेविलीं, विद्युद्दर्शक ठेविले, विद्युल्लंबक ठेविले, व दुसरींही विद्युज्जागृति ओळखण्याचीं साधनें आंत ठेविलीं. तथापि पेटींत विद्युज्जागृति असल्याचीं चिन्हें बिलकुल अनुभवास आलीं नाहींत. परंतु पेटीची बाहेरची बाजू खूब जागृत होऊन बाहेरच्या कोणत्याही पृष्ठभागापासून मोठमोठ्या ठिणग्या व भ्रश निघत होते.

पृष्ठभागीं राहण्याचा हा जो विद्युल्लतेचा धर्म आहे, त्याचा **विद्युल्लतेचे रक्षकपडदे** करण्यास व्यवहारांत उपयोग करितात. एकादें सूक्ष्म सुवर्णपत्र विद्युद्दर्शक असेल, आणि त्यांत एकादी विजेची ठिणगी अकस्मात् जाऊन इजा होऊं नये अशी आपली इच्छा असेल, तर तारेच्या जाळीच्या पिंजऱ्यांत त्या यंत्रास ठेविलें ह्मणजे बस होतें. असें केल्यानें तो पिंजरा फार मोठ्या विद्युद्यंत्राजवळ जरी ठेविला, व त्यांतून मोठमोठ्या ठिणग्या निघत असल्या तरी त्याचें कार्य दर्शकावर होत नाहीं. विजेपासून इमारतींचा बचाव करण्यासाठीं याच तत्वाचा कसा उपयोग करितात, हें पुढें सांगितलें आहे. (कलम ६६ पहा).

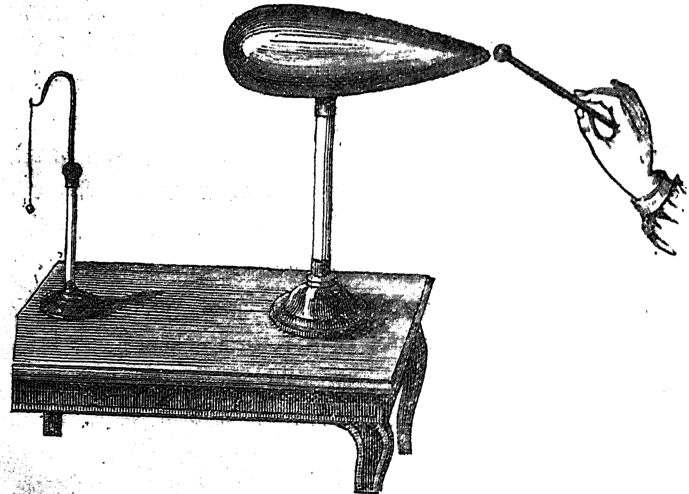
पदार्थांच्या पृष्ठभागावर विद्युल्लता जमली ह्मणजे तिचा जसा **जोर** असेल, त्या मानानें जवळच्या पदार्थांत तिचा जाण्याचा कल असतो. विजेचें परिमाण पृष्ठभागीं जसें जास्त होत जाईल, त्याप्रमाणें हा कल वाढतो. जोंपर्यंत विजेचा जोर कांहीं नियमित मर्यादेपेक्षां वाढलेला नसतो, तोंपर्यंत हवा शुष्क असल्यास तिच्या मंदवाहकत्वामुळें जो प्रतिबंध होतो, त्या प्रतिबंधामुळें पृष्ठभागांतील वीज निघून जात नाहीं. परंतु पृष्ठभागावरील विजेचा जोर जसा वाढतो, त्याप्रमाणें या प्रतिबंधाचें अतिक्रमण करून जवळच्या पदार्थांत वीज उडी मारून जाते, व 'कट' असा आवाज होऊन तेजस्वी ठिणगी दिसते. हवेंत आर्द्रता फार असली, तर पृष्ठभागावरील विद्युल्लतेचा जोर नेहमीं कमी असतो. कारण जितकी विद्युत् पृष्ठभागावर जलद जमते, तितकी आर्द्रतेच्या सुवाहकत्वामुळें निघून जाते. विद्युत्स्थापक आधारावर हवेंतील पाण्याची वाफ भिजून ते विजेचे चांगले वाहक बनतात. फार विरळ हवेमध्यें प्रतिबंध कमी असतो ह्मणून तिजमधून विद्युत् जलद जाते, व तिजमध्यें असलेल्या जागृत पदार्थाचा पृष्ठभाग चकचकूं लागतो.

२६. विद्युत्संचयावर पदार्थांच्या आकाराचा परिणाम.

अणकुचीदार टोंकांचे परिणामः—पदार्थाचा आकार जसा भिन्न असेल, त्याप्रमाणें त्याच्या पृष्ठभागावर विद्युत् भिन्नभिन्न मानानें पसरते. पदार्थाचा आकार गोल असल्यास विद्युज्जागृति सर्व ठिकाणीं सारखी पसरते. सर्वत्र आकार सरूप असल्यामुळें असेंच अनुमानही होतें, व तें अनुमान **परीक्षा-पत्रानें** सहज सिद्धही करितां येतें. लाखेच्या किंवा कांचेच्या बारीक दांड्याच्या टोंकावर एक दुहेरी पैशाएवढी पातळ धातूची चकती बसवून हें **परीक्षापत्र** केलेलें असतें. लाखेच्या दांड्यानें हातांत धरून चकती विद्युज्जागृत पदार्थाच्या निरनिराळ्या भागीं लावून प्रत्येक वेळीं विद्युद्दर्शकाजवळ किंवा विद्युल्लंबकाजवळ नेल्यानें त्यांत किती जागृति आली आहे, हें समजतें. पदार्थ जर गोलाकार असला, व त्यास जागृत करून त्याच्या निरनिराळ्या भागास परीक्षापत्र लाविलें, व त्यास विद्युद्दर्शकाजवळ नेऊन परीक्षा केली, तर सर्व ठिकाणीं जागृति सारखी असते असें सिद्ध होतें. याकरितां गोलाच्या पृष्ठभागावर विद्युत् सर्वत्र सारखी पसरते, हें उघड आहे.

परंतु जर विद्युज्जागृत पदार्थ जास्तकमी लांबट असला, तर अशी गोष्ट नसते.

आ० २७.



रुळासारख्या लांबट पदार्थांत टोंकाकडे जागृति अत्यंत असते, व मध्याकडे अतिशय कमी असते. रुंदीपेक्षां ज्यांची लांबी जास्त आहे, असे चपटे पदार्थ असले, तरीही त्यांच्या टोंकाकडेच जागृति जास्त असते. आ० २७ मध्यें दाखविल्यासारखा पदार्थाचा आकार गोल शंकूसारखा असला, तर लांबट व निमुळत्या टोंकाकडे जागृति जास्त असते, असें परीक्षापत्रानें सिद्ध होतें. याच्या टोंकांत फार विद्युत् जमते असें दिसतें. यास्तव शीघ्रवाहक पदार्थांत त्यांच्या लांबट भागाकडे व त्यांच्या टोंकाकडे अतिशय विद्युत् जमण्याचा नेहमीं कल असतो. याप्रमाणें विद्युत् जमल्यामुळें तेथें तिचा जोर वाढतो, आणि हवेचा प्रतिबंध अतिक्रमण करण्याची शक्ति येते, व तेथून विद्युत् निघून जाते. ज्या धातूच्या पदार्थांस फार टोंकें असतात, त्यांतील जागृति फार जलद जाते. टोंकावर जर हात धरिला, तर हातास झोत लागतो, आणि टोंकाचा वाहक अंधेरांत जागृत केला, तर टोंकावर प्रकाशमान ब्रश दिसतो, व अशा रीतीनें जी विजेची ठिणगी उत्पन्न होते, तिला ब्रशाच्या आकाराची ठिणगी असें ह्मणतात. (आ० ४६ पहा).

साध्या अणकुचीदार टोंकाप्रमाणें विद्युज्जागृत पदार्थावर दिव्याच्या ज्योतीचेंही कार्य घडतें, आणि हें कार्य जास्त ठळक व पूर्ण असतें. ज्योती ह्या वस्तुतः शंकाकार असून प्रत्येक ज्योतीस सूक्ष्म टोंक असतें. विद्युज्जागृत केलेल्या मंदवाहकांतील जागृति अगदीं घालविणें झाल्यास त्याच्या पृष्ठभागावरून मद्यार्कांच्या दिव्याची ज्योत न्यावी. ह्मणजे तत्काळ त्यांतील सर्व जागृति जाते.

विद्युज्जागृत वाहकांवर जीं टोंकें असतात, त्यांतून विद्युत् जाते. हा जो टोंकांच्या अंगीं धर्म असतो, त्यास **टोंकाची शक्ति** असें विद्युत्शास्त्रांत ह्मणतात. विद्युद्यंत्रांत व विद्युल्लतेच्या प्रयोगांत टोंकांच्या या शक्तीचा उपयोग अनेक वेळां आढळतो. वीज पडूं नये ह्मणून इमारतीस जे विजेचे वाहक लावितात, त्यांतही या टोंकांच्या कार्याचा फार महत्वाचा व्यावहारिक उपयोग केलेला असतो. घर्षणजन्य विद्युद्यंत्रांतही टोंकांच्या फण्या कांचेच्या चाकाच्या दोहों बाजूंस लाविलेल्या असतात, आणि ज्यांत जागृति सांठवून तिचे प्रयोग करावयाचे असतात, तीं यंत्रें व पात्रें टोंकांचीं न करितां नेहमीं गोल बोंडांचीं करितात.

प्रकरण २ रें.

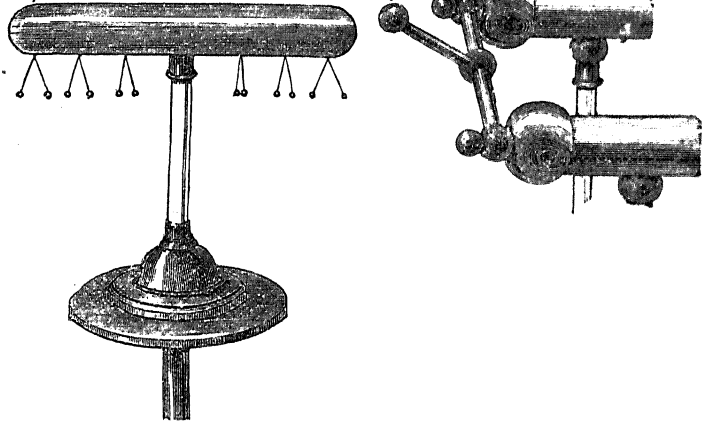
विद्युज्जागृत पदार्थांचें स्वाभाविक स्थितींत असलेल्या पदार्थांवर कार्य.

प्रवर्तित विद्युत्.

विद्युद्यंत्रें.

२७. प्रवर्तनानें जागृत होणारी विद्युतः—चुंबकाच्या जवळ धांवडी लोखंड असलें, ह्मणजे ज्याप्रमाणें लोखंडावर प्रवर्तन घडून त्यांत चुंबकत्व प्रवर्तित होतें, त्याचप्रमाणें कोणत्याही जातीच्या विद्युल्लतेनें जागृत केलेल्या विद्युत्स्थापक वाहकाजवळ स्वाभाविक स्थितींत असलेला पदार्थ ठेविला, तर त्यावर पहिल्याचें प्रवर्तक कार्य घडतें. ह्मणजे स्वाभाविक स्थितींत असलेल्या पदार्थांतील विद्युल्लतेचें जागृत वाहकानें पृथग्भवन होतें; आणि जागृत पदार्थ दुसऱ्यांतील विजातीय विद्युल्लतेस आपल्याकडे आकर्षण करितो, व सजातीय विद्युल्लतेस दूर लोटितो. हें जें कार्य घडतें तें दोहों विद्युल्लतांमधील आकर्षण व प्रतिसारण यांचा परिणाम असतें; आणि हें कार्य केवळ हवेंतूनच घडतें, असें नसून गटापर्चा, कांच, लाख इत्यादिकांसारख्या अवाहक ह्मणजे विद्युत्स्थापक पदार्थांमधून घडतें. या कार्यास **प्रवर्तन** असें नांव दिलें आहे.

आ० २८ मध्यें दाखविलेल्या प्रयोगानें हें प्रवर्तक कार्य दाखवितां येतें. आकृतीच्या उजव्या बाजूस घर्षणजन्य विद्युद्यंत्राचा मुख्य वाहक आहे. हा वाहक साधारणपणें धनविद्युल्लतेनें जागृत होतो, असें पुढें आपणास समजेल. डाव्या बाजूस पितळेचा जिल्हईदार व पोकळ असा रूळ कांचेच्या खांबावर बसवून विद्युत्स्थापित केलेला आहे व त्यास मेंढाच्या मण्यासारख्या लहान गोळ्यांच्या जोड्या तागाच्या दोऱ्यानें दोहों बाजूंस तीन तीन टांगिल्या आहेत.

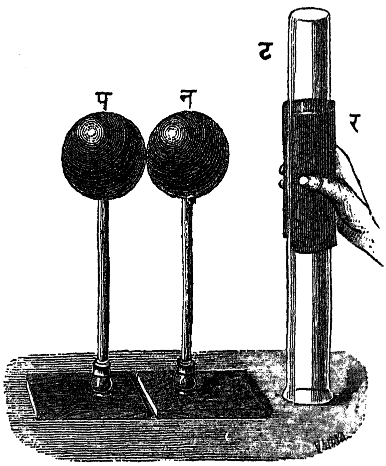


तागाचा दोरा वाहक असल्यामुळें रुळांतील जागृति त्यांतून गोट्यांत जाते. हा रूळ मुख्य वाहकापाशीं आणिला ह्मणजे लागल्याच गोट्या एकमेकांपासून फांकतात. परंतु सर्व सारख्या फांकत नसून टोंकाजवळच्या गोट्या फार फांकतात; आणि मध्याजवळच्या गोट्या फार थोड्या किंवा मुळींच फांकत नाहींत; ह्मणून विद्युल्लता टोंकांजवळ जमते, आणि मध्याजवळचा भाग स्वाभाविक स्थितींत असतो; आणि प्रवर्तक पदार्थाचें अंतर जसें जास्त असेल, त्याप्रमाणें हा प्रदेश अधिक मध्याजवळ असतो. आतां लाखेच्या रुळास लोंकरी कपड्यानें घांसून त्यास मुख्यवाहकाच्या अगदीं जवळच्या गोट्यांजवळ नेलें, तर त्या लाखेच्या रुळापासून प्रतिसारित होतात. यावरून त्यांमध्यें लाखेच्या रुळांतल्या सारखीच ऋणजागृति असते, असें सिद्ध होतें. तसेंच रेशमानें घांसलेला कांचेचा रूळ पितळी रुळाच्या दुसऱ्या टोंकास लावलेल्या गोट्यांजवळ नेला, तर त्याही गोट्या त्यापासून प्रतिसारित होतात. यावरून त्या टोंकांत धनविद्युत् असते, हें सिद्ध होतें. पितळेच्या रुळांत याप्रमाणें वेगळ्या झालेल्या विजा सारख्या परिमाणाच्या असतात. कारण जर रुळास यंत्राच्या वाहका-

पासून दूर नेलें तर लागलीच गोळ्या फांकत नाहींशा होतात. यावरून दोन्ही विजा एकत्र होऊन, पदार्थ स्वाभाविकस्थितींत पुनः येतो.

आकृति २९ मध्यें दाखविलेल्या प्रयोगानेंही हीच गोष्ट दाखवितां येते. येथें

आ० २९.



ट हा कांचेचा रूळ र या रेशमी कपड्यानें घांसून धनविद्युल्लतेनें जागृत केला आहे. प, न हे दोन तांब्याचे पोकळ गोल असून कांचेच्या दांड्यांवर बसविलेले आहेत. हे दोन गोल परस्परांस स्पर्श करीत असतां जर विद्युज्जागृत केलेली कांचेची नळी त्यांपैकीं एका गोलाजवळ आणिली, तर तिच्या जवळचा गोल ऋणविद्युल्लतेनें जागृत होतो, आणि दूरचा गोल धनविद्युल्लतेनें जागृत होतो. यांतील कोणताही एक गोल विद्युज्जागृत केलेल्या सुवर्णपत्र विद्युद्दर्शकाजवळ नेला, तर त्याचे पत्रे फांकतात, किंवा एकत्र होतात. जर विद्युद्दर्शक धनविद्युल्लतेनें जागृत असेल, तर न गोल जवळ नेल्यानें पत्रे एकत्र होतात. परंतु प गोल नेल्यानें जास्त फांकतात. ज्या विद्युद्दर्शकाचे पत्रे आरंभीं विद्युज्जागृत नसतात, त्याजवळ न गोल नेला ह्मणजे त्याचे पत्रे फांकतात, आणि प गोल नेला तरी पत्रे फांकतात.

स्वाभाविकस्थितींत असलेल्या पदार्थांवर विद्युज्जागृत पदार्थाचें कार्य होऊन जी विद्युत् प्रवर्तित होते, तिजवरून अनेक कार्यांचें स्पष्टीकरण करितां येतें. विद्युल्लतेच्या सर्व परिणामांचें स्पष्टीकरण करण्यासाठीं वरील प्रयोगांत विद्युत्स्थापित पितळेचा रूळ यंत्राच्या प्रवर्तक कार्याखालीं असतां त्यास थोडा वेळ जमिनीशीं जोडिलें, तर काय परिणाम घडतो, याचा विचार केला पाहिजे. उदाहरणार्थ असें समजूं कीं, रुळाचें दूरचें टोंक सांखळीनें जमिनीस जोडलें

आहे. तर तेथील धनविद्युत् जमिनींत जाईल, आणि यंत्राजवळच्या टोंकांतील ऋणविद्युत् यंत्रांतील धनविद्युल्लतेनें आकर्षून धरिल्यामुळें तेथें राहील. आतां जमिनीचा संगम तोडून जर रूळ यंत्राच्या प्रवर्तक कार्यापासून दूर नेला, तर सर्व रुळावरील गोट्या फांकतील, आणि त्या ऋणविद्युल्लतेनें जागृत झाल्यामुळें फांकल्या आहेत असेंही दाखवितां येईल. यंत्राजवळचें टोंक जरी जमिनीस जोडलें, तरी ह्याच परिणाम घडतो. तेथून ऋणविद्युत् जमिनींत जात नाहीं. परंतु धनविद्युतच येथूनही जाते. यंत्रांतील धनविद्युल्लतेनें ऋणविद्युल्लतेस आकर्षून धरिल्यामुळें पृथ्वीशीं संगम तोडल्यावर सर्व रूळ ऋणविद्युल्लतेनेंच जागृत राहतो.

भेंडांच्या गोट्यांसारखे हलके पदार्थ विद्युत्स्थापित पदार्थांवर असतात, तेव्हां जितक्या जोरानें आकर्षिले जातात, त्याहून ते पदार्थ जमिनीस जोडलेल्या वाहक बैठकीवर असतां विद्युज्जागृत पदार्थानें अधिक जोरानें व सहज आकर्षिले जातात. कारण जेव्हां ते जमिनीस जोडलेले असतात, तेव्हां प्रतिसारित विद्युत् जमिनींत पसरते, व जमिनींतील दुसऱ्या जातीची विद्युत् आकर्षिली जाते.

यावरून पदार्थास वहनानें किंवा प्रवर्तनानें विद्युज्जागृत करितां येते. वहनानें जागृत करितांना जागृत करणाऱ्या पदार्थांतील कांहीं विद्युत् जाते. परंतु प्रवर्तनानें जागृत करितांना जागृत करणाऱ्या पदार्थांतील विद्युत् जशीच्या तशीच राहते. वहनानें मिळालेली जागृति मूळ जागृतपदार्थांतील जागृतीशीं सजातीय असते. परंतु प्रवर्तनानें जी जागृति येते, ती विजातीय असते. वहनानें जागृति देण्यास पदार्थ अगदीं विद्युत्स्थापित केला पाहिजे. परंतु प्रवर्तनानें जागृत करितांना पदार्थ पृथ्वीशीं निदान क्षणभर तरी जोडावा लागतो.

वर जें सांगितलें तें सर्व चांगल्या वाहकांवर जें प्रवर्तककार्य घडतें त्यास लागू आहे. मंद वाहकांवर प्रवर्तककार्य इतकें जलद घडत नाहीं. कारण विद्युल्लतेचें पृथक्करण व प्रसरण होण्यास यापासून फार प्रतिबंध होतो. परंतु त्यांस एकदां जागृत केलें म्हणजे त्यांतील जागृति कायमची किंवा फार वेळ राहते.

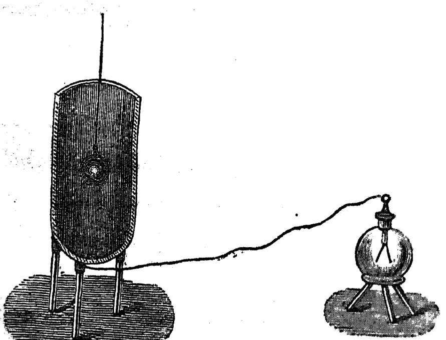
हा सर्व प्रकार चुंबकत्वांत सांगितल्यासारखाच आहे. चुंबकानें पोलादी लोखंडाच्या तुकड्यांत तत्काळ चुंबकत्व जागृत होतें. परंतु हें केवळ क्षणिक

असून चुंबकाचें जोंपर्यंत कार्य चालतें तोंपर्यंत मात्र असतें. चुंबकानें पोलादांत फार आयासानें व वेळानें चुंबकत्व येतें. परंतु तें कायम असतें.

चुंबकाच्या प्रवर्तककार्यापासून विद्युल्लतेचें प्रवर्तककार्य बऱ्याच गोष्टींत भिन्न असतें. चुंबकत्वांत प्रवर्तक पदार्थ आणि ज्यावर प्रवर्तक कार्य घडावयाचें तो पदार्थ अशा दोघांस एकत्र लावून ठेविलें, तर त्यांत फारसा फेरफार होत नाहीं. फक्त कार्य जोरानें घडतें, आणि प्रवर्तक चुंबकाचा जोर कमी होत नाहीं. विद्युल्लतेंत याच्या उलट प्रकार घडतो. प्रवर्तक आणि प्रवर्तित अशा पदार्थांस एकमेकांस लावून ठेविलें, तर प्रवर्तककार्य न घडतां विद्युल्लतेचें वहन घडतें; दोन्ही पदार्थ एकाच जातीच्या विद्युल्लतेनें जागृत होतात, ह्मणजे जागृत पदार्थांतील जागृति दोहों पदार्थांमध्यें दोहोंच्या पृष्ठभागाच्या प्रमाणांत वांटली जाते; आणि प्रवर्तक पदार्थांतील कांहीं जागृति कमी होते. या रीतीनें मूळ पदार्थांतील जागृतिसारख्याच जागृतीनें नव्या पदार्थास जागृत करितां येतें. चुंबकत्वांत असें कधीं घडत नाहीं. एकेका जातीचें चुंबकत्व कधीं वेगळें करितां येत नाहीं. तसेंच चुंबकाचें प्रवर्तककार्य फार थोड्या पदार्थांवर मात्र घडतें. वस्तुतः लोखंड आणि पोलाद यांवरच मुख्यत्वें घडतें. परंतु विद्युल्लतेचें प्रवर्तककार्य सर्व पदार्थांवर घडतें.

२८. फारेडेचें पंचपात्रः—प्रवर्तनांत प्रवर्तककार्यानें जी विद्युत् प्रवर्तित होते, ती प्रवर्तकपदार्थांतील विद्युल्लतेच्या बरोबर असते. ही गोष्ट **फारेडे** यानें एका मोठ्या महत्वाच्या प्रयोगानें प्रथमतः सिद्ध केली. रेशमी दोऱ्यानें टांगलेली एक धातूची गोटी, उदाहरणार्थ— धनविद्युल्लतेनें जागृत केली आहे, असें समजूं (आ० ३० पहा). ही गोटी तिच्यापेक्षां मोठ्या तोंडाच्या व

आ० ३०



बऱ्याच मोठ्या व्यासाच्या धातूच्या विद्युत्स्थापित पंचपात्रांत मधोमध अंतराळीं धरिली, व पंचपात्र सांखळीनें सुवर्णपत्र विद्युद्दर्शकास जोडिलें, तर दर्शकाचे वर्ख तत्काळ फांकतात, व ती विद्युत् धन असते, असें दाखवितां येतें. गोटी पंचपात्रांत कांहीं खोलीच्या खालीं असली ह्मणजे कोठेंही ती असली तरी पत्र्यांच्या फांकण्यांत फेर पडत नाहीं. पंचपात्राच्या बाहेरच्या बाजूस बोट लाविलें तर तत्काळ दर्शकाचे पत्रे एकत्र होतात. परंतु पंचपात्रांतील गोटी बाहेर काढिली, ह्मणजे पत्रे पूर्वींप्रमाणें फांकतात. परंतु आतां हें फांकणें ऋण-विद्युल्लतेमुळें घडतें.

गोटी बाहेर काढण्यापूर्वीं जर तिचा पंचपात्राच्या आंतल्या बाजूस स्पर्श होऊं दिला, तर विद्युद्दर्शकाचे पत्रे गोटीबाहेर काढल्यावर धनविद्युल्लतेनें जागृत होऊन फांकलेले असतात, आणि गोटींतील जागृति जाते.

पहिल्या वेळीं गोटींतील विद्युल्लतेच्या प्रवर्तनानें पंचपात्रांत गोटीच्या इतकीच ऋणविद्युत् प्रवर्तित झाली; आणि पंचपात्राच्या बाहेरच्या बाजूवर आणि विद्युद्दर्शकांत तितकीच धनविद्युत् प्रतिसारित झाली. परंतु दुसऱ्या वेळीं जेव्हां पंचपात्रास बोटाच्या द्वारें शरीराचा स्पर्श झाला, तेव्हां प्रतिसारित धनजागृति निघून गेली. परंतु दोन विजातीय विद्युत् गोटीवरील धनविद्युत् आणि पंचपात्रावरील ऋणविद्युत् यांनीं एकमेकांस समतोल धरिलें होतें. परंतु गोटी तिजमधील धनजागृतिसकट बाहेर काढतांच पंचपात्रांतील ऋणजागृतीनें विद्युद्दर्शकाचे पत्रे फांकले; आणि गोटीचा पंचपात्राच्या आंतल्या बाजूस स्पर्श झाला तेव्हां दोन्ही विजातीय विद्युल्लता समान परिमाणाच्या असल्यामुळें एकत्र झाल्या. आणि गोटी निर्जागृत होऊन स्वाभाविकस्थितींत आली.

पदार्थांस घांसलें ह्मणजे ज्या दोन विद्युत् उत्पन्न होतात, त्यांचीं परिमाणें सारखीं असतात; हें फारेडे याच्या पंचपात्रानें चांगलें सिद्ध करितां येतें. कारण आ० २४ मध्यें दाखविलेला रूळ व त्यावरील टोपी यांस घांसून टोपीसकट रूळ वरच्या पंचपात्रांत घातला, तर दर्शकाचे पत्रे मुळींच फांकत नाहींत. तसेंच रूळ व त्यावरील टोपी यांस वेगळें करून दोहोंस एकदांच पंचपात्रांत घातलें व त्यांचा एकमेकांस स्पर्श होऊं दिला नाहीं, तरीही पत्रे फांकत नाहींत. याचप्रमाणें ते पंचपात्रांत कोणत्याही स्थितींत असले तरी

हा परिणाम घडतो. परंतु दोहोंपैकीं एकास बाहेर काढिलें ह्मणजे लागलेंच विद्युद्दर्शकाचे वर्ख फांकतात. परंतु दुसऱ्यास पुनः पंचपात्रांत घातलें ह्मणजे पुनः वर्ख एकत्र होतात. टोपी व रूळ यांपैकीं कोणासही बाहेर काढिलें, तरी वर्खांचें फांकणें सारख्याच मानानें घडतें. जरी दोहोंमध्यें दोन भिन्न प्रकारच्या विद्युत् असतात, तरी त्यांचें प्रवर्तककार्य सारखेंच घडतें. यावरून दोन्ही विद्युल्लतांचें परिमाण सारखें असतें हें सिद्ध होतें.

जेव्हां एका प्रकारची विद्युज्जागृति असते, तेव्हां तेवढीच दुसरी विजातीय विद्युत् कोठें तरी असते. विद्युत्स्थापित अशा गोलामध्यें एक प्रकारची विद्युत् राहूं शकते. यावरून वरील गोष्ट कदाचित् असंभवनीय दिसेल. परंतु लेडन किंवा विद्युत्घटांतही हाच प्रकार असतो, ही गोष्ट लक्षांत ठेविली पाहिजे (कलम ४३). ह्मणून विद्युत्घटांत ज्याप्रमाणें कांचेच्या दोहों बाजूंस दोन विद्युत् असतात, व दोहों विद्युल्लतांमध्यें कांच हा विद्युत्स्थापक पडदा असतो, त्याप्रमाणें विद्युत्स्थापित गोलाचें बाहेरील कवच, गोल ज्या खोलींत आहे त्या खोलीच्या बाजूचें बनलेलें असतें; आणि गोल व या बाजू यांमधील हवेचा थर हा मधला विद्युत्स्थापक पदार्थ असतो.

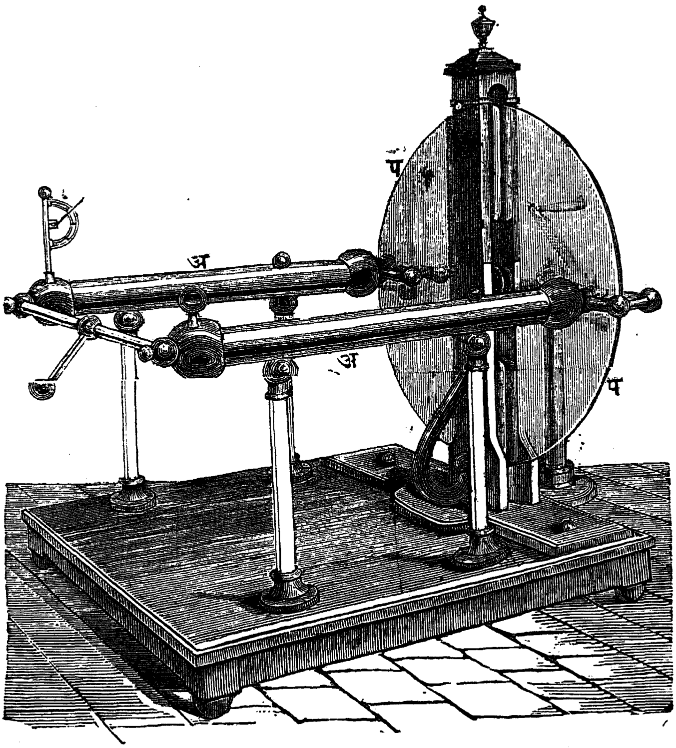
विद्युद्यंत्रें.

२९. **कांचेच्या चाकाचें घर्षणजन्य विद्युद्यंत्रः**—पहिलें घर्षणजन्य विद्युद्यंत्र **ओटो व्हान ग्वेरिक** यानें शोधून काढिलें. यानेंच वाताकर्षकयंत्र शोधून काढिलें. यानें गंधकाचा एक गोल करून त्यास दोन आधारांवर एका आंसावर बसविलें. त्या गोलास तो एका हातानें फिरवी, व दुसऱ्या हातानें घर्षणाकरितां त्यावर दाबी. पुढें गंधकाच्या जागीं राळेच्या गोलाचा उपयोग करूं लागले, व नंतर राळेच्या गोलाच्या जागीं कांचेच्या मोठ्या नळाचा उपयोग करूं लागले. परंतु या सर्वांत हातानेंच घर्षण करीत. पुढें सन १७४० सालीं **विंक्लेर** यानें रेशमानें मढविलेल्या घोड्याच्या केंसांच्या गिर्द्यांचा घर्षणाकरितां उपयोग करण्याची योजना केली. याच वेळीं **बोस** यानें घर्षणानें उत्पन्न झालेली विद्युत् विद्युत्स्थापित अशा कथलानें मढविलेल्या लोखंडी पत्र्याच्या पंचपात्रांत जमविण्याची युक्ति काढिली; शेवटीं सन १७६० सालीं **राम्सडेन**

यानें कांचेच्या रुळाच्या जागीं वर्तुळाकार कांचेच्या तावदानाचा उपयोग करण्याची युक्ति काढिली, आणि घर्षणाकरितां घोड्याच्या केंसांच्याच गिर्द्या ठेविल्या. याच्यों मूळच्या यंत्रांत थोडा फेरफार करून कांचेच्या तावदानांचीं घर्षणजन्य विद्युद्यंत्रें करितात, व त्यांपैकींच एकाचें वर्णन खालीं केलें आहे.

आ० ३१ मध्यें ३ फूट व्यासाच्या **प प** वर्तुळाकार कांचेच्या तावदानांचें

आ० ३१



एक यंत्र दाखविलें आहे. या तावदानास मध्यबिंदूंत भोंक पाडून आंस बसविलेला आहे; व आंसावर चाक गच्च बसविण्यासाठीं चाकाच्या दोहों बाजूंस

दोन पितळी फिरक्या आहेत. तो आंस उभ्या लांकडी चौकटीच्या मध्यें दोहों खांबांतील आधारावर फिरता बसविलेला आहे. आंसाच्या एका बाजूस लाविलेल्या कांचेच्या मुठीनें चाकास फिरवितां येतें. चाक रेशमी किंवा कांतड्याच्या गिरद्यांमधून फिरतें. एक गिरदी आंसाच्या वरती आहे, व दुसरी आंसाच्या खालीं आहे. या गिरद्या कांचेच्या दोहों बाजूंस असून त्यांस स्क्रूंनीं कांचेवर हवें तितकें सैल किंवा घट्ट करितां येतें; आणि येणेंकरून कांचेच्या दोन्ही बाजूंवर घर्षण घडून कांच विद्युज्जागृत होते. कांचेच्या समोर **अ, अ** हे दोन मोठे पितळी रूळ कांचेच्या चार खांबांवर बसविलेले असून त्यांच्या कांचेजवळच्या टोंकांस वर्तुळाकार वांकविलेले व अणकुचीदार टोंकाचे कांटे बसविलेले दोन गज बसविलेले आहेत. यांचे कांटे कांचेच्या अगदीं जवळ व दोहों बाजूंस असतात. **अ, अ** रुळांस बाहेरच्या बाजूनें एक आडवा गज जोडलेला आहे, व त्यास आणखी एक बोंडाचा उभा सरळ गज जोडलेला आहे. यासच यंत्राचा मुख्य वाहक ह्मणतात.

घर्षण आणि प्रवर्तन या दोहोंवर यंत्राचें कार्य अवलंबून असतें. गिर्द्यांच्या घर्षणानें कांच धनविद्युल्लतेनें जागृत होते, आणि ज्या गिर्द्यांवर त्यांचें घर्षण होतें, त्या गिर्द्या ऋणविद्युल्लतेनें जागृत होतात. आतां जर या गिर्द्या विद्युत्स्थापित असल्या, तर यांमध्यें कांहीं नियमित परिमाणाच्या ऋणविद्युल्लतेपेक्षां जास्त विद्युत् जमवितां आली नसती. गिर्द्यांमधील स्वाभाविक विद्युद्द्रवास पृथग्भूत करण्याची जितकी शक्ति घर्षणाच्या अंगीं आहे, तितकीच दोहों विजातीय विद्युल्लतांची पुनः संगम पावण्याची शक्ति झाली असती. परंतु ज्या चौकटींत चाक बसविलें आहे, तिच्या खांबाशीं या गिर्द्या कथलाच्या वर्खांच्या पट्ट्यांनीं जोडून त्यांचा संगम पृथ्वीशीं केलेला आहे. यामुळें जी ऋणविद्युत् गिर्द्यांत जागृत होते, ती तत्काळ निघून जाते, आणि कांचेच्या चाकांत फक्त धनविद्युत् राहते. कांचेंतील धनविद्युल्लतेचें प्रवर्तक कार्य मुख्य वाहकावर घडतें, आणि चाकांतील धनविद्युत् वाहकांतील ऋणविद्युल्लतेस आपणाकडे आकर्षण करिते, आणि धनविद्युल्लतेस प्रतिसारित करिते. कांचेच्या अगदीं सन्निध राहण्याजोग्या अणकुचीदार टोंकाच्या ज्या दोन फण्या वाहकास जोडलेल्या असतात, त्या फण्यांत ही आकर्षण केलेली ऋणविद्युत् जमते; परंतु फण्यांच्या टोंकांत ही ऋणविद्युत् फार जम-

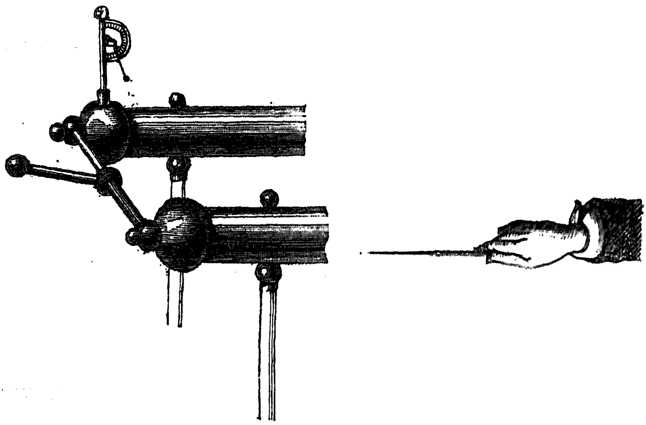
ण्यास वाव नसल्यामुळें ती चाकावरील धनविद्युल्लतेशीं वरचेवर संयोग पावून चाकास निर्जागृत करिते, व येणेंकरून तें चाक घर्षणानें वरचेवर धनविद्युल्लतेनें जागृत होण्यास समर्थ होतें, व त्या जागृतीचेंही वाहकावर वरचेवर प्रवर्तक कार्य घडतें. वाहकांतील विद्युल्लतेचें पृथग्भवन होऊन त्यांतील ऋणविद्युत् टोंकाच्या द्वारें जाते, आणि धनविद्युल्लतेनें वाहक जागृत राहतो. कांचेच्या चाकांतून वास्तविकपणें वाहकास कांहीं जागृति मिळत नसून, फक्त तें चाक वाहकांतील ऋणविद्युल्लतेस मात्र काढून घेतें; व येणेंकरून तें वरचेवर निर्जागृत होऊन पुन: पुन: घर्षणानें नवी जागृति धारण करण्यास योग्य होतें.

वर वर्णन केलेल्या प्रकारच्या विद्युद्यंत्रानें फक्त धनविद्युत् मात्र मिळते. परंतु यंत्रापासून ऋणविद्युत् मिळावी, अशा प्रकारची त्याची रचना करितां येते. याकरितां ज्या टेबलावर यंत्र ठेविलें आहे, त्या टेबलाच्या चारी पायांखालीं, राळेचे, कांचेचे, गटापर्चाचे, किंवा गंधकाचे जाड ठोकळे ठेवून टेबलास विद्युत्स्थापित केलें, आणि मुख्य वाहकास धातूच्या सांखळीनें जमिनीशीं जोडिलें, म्हणजे यंत्रापासून ऋणविद्युत् मिळते. कारण ज्याप्रमाणें पूर्वी ऋणविद्युत् जमिनींत जात होती, त्याचप्रमाणें आतां मुख्य वाहकांतील धनविद्युज्जागृति जमिनींत जाते; आणि घर्षक गिर्द्यांतील ऋणजागृति यंत्राच्या बैठकीवर आणि कथलाच्या पत्र्यावर जमते. यास जोडलेला एक दुसरा वाहक ठेविला म्हणजे त्यांत ऋणजागृति जमते. कांचेच्या जागीं एबनाईट (गटापर्चा व गंधक यांच्या मिश्रणापासून करितात) याच्या पत्र्याचें चाक घालून यंत्र केलें म्हणजे त्यापासून ऋणविद्युत् वाहकांत सहजीं जमते.

३०. विद्युत् यंत्रांतील जागृति मापणें—पादविद्युन्मापक. विद्युद्यंत्रानें त्याच्या मुख्य वाहकांत जी जागृति जमते, ती **हेन्ले** यानें शोधून काढिलेल्या **पादविद्युन्मापकानें** मापितात. हें विद्युन्मापक यंत्राच्या वाहकास जोडलेलें आकृति ३१ मध्यें दाखविलें आहे. एका उभ्या लांकडी खांबावर एक भेंडाचा मणी हलक्या काडीनें टांगिलेला आहे व मणी टांगिलेलें ठिकाण मध्य धरून त्या मध्यावर एक अर्ध वर्तुळाकार अंश पाडलेला हस्तिदंती किंवा जाड गंजिफेचा तुकडा खांबांत बसविलेला आहे. ज्या हलक्या काडीच्या टोंकास हरभऱ्याएवढा भेंडाचा मणी लाविलेला आहे, ती काडी खांबांतील

एका बारीक खुंटीवर फिरती आहे. जेव्हां खांबांत जागृति नसते, तेव्हां ही काडी मण्यासकट खांबास लागलेली असते; आणि जेव्हां खांब जागृत होतो, तेव्हां मणी सजातीय विद्युल्लतेनें जागृत होऊन प्रतिसारित होतो, व ज्या अंशांतून काडी चढते, त्यावरून जागृतीचें मान समजतें (आकृति ३२ पहा) हा

आ० ३२.



मापक यंत्राच्या वाहकावर बसवितात; आणि यंत्र फिरवून वाहकांत विद्युत् जमूं लागली ह्मणजे या मापकाचा दर्शकमणी वर चढूं लागतो, व कांहीं मर्यादेपर्यंत चढल्यावर थांबतो. असें झालें ह्मणजे जागृति धारण करण्याची वाहकाची मर्यादा झाली, असें समजावें. वाहकाची जागृति पूर्ण मर्यादेस पोंचल्यावर यंत्र थांबविलें, तर हवा आर्द्र असतां दर्शक फार जलद खालीं उतरूं लागतो; आणि हवा शुष्क असतां सावकाश उतरतो. यावरून असें दिसतें कीं, आर्द्र हवेपेक्षां शुष्क हवेंत विद्युल्लता कमी जाते.

ह्मणूनच पर्जन्यकाळीं व ऐन उन्हाळ्यांत हवेंत पाण्याची वाफ फार असते, व हवा आर्द्र असते. याकरितां विद्युद्यंत्रानें त्या ऋतूंत प्रयोग करणें फार कठीण जातें. हिवाळ्यांत हवा शुष्क किंवा अनार्द्र असते. ह्मणून या यंत्राचे प्रयोग त्या ऋतूंत चांगले करितां येतात. तथापि सर्व ऋतूंत हवेंत थोडी बहुत वाफ

असतेच. याकरितां यंत्राचे सर्व भाग कोळशाच्या विस्तवानें जपून गरम करावे आणि लांकडी चौकट व कांचेचें चाक यांस गरम कपड्यानें पुसून कोरडें करावें. या यंत्रास जे आधार असतात, त्यांतूनच विद्युल्लता जाण्याचा फार संभव असतो.

घर्षक गिर्द्या करणें व शाबूद ठेवणें याविषयीं फार जपावें लागतें. पातळ कातड्याच्या पिशव्यांत घोड्याचे केंस भरून या गिर्द्या केलेल्या असतात. यंत्रास लावण्यापूर्वीं या पिशव्यांवर कथील व पारा यांचा अमाल्गम किंवा शिसपेनीच्या दगडाची पूड किंवा कथलाच्या सल्फाइडाची पूड लावितात. या पदार्थांचें वास्तविक कार्य कसें घडतें, हें अद्याप समजलें नाहीं. कित्येक ह्मणतात कीं, घर्षण वाढविण्यापुरता यांचा उपयोग होतो. दुसऱ्या कित्येकांचें असें मत आहे कीं, यांच्या योगानें कांहीं रसायन कार्य घडतें. यंत्र चालू असतां गिर्द्यांजवळ जो एक चमत्कारिक वास येतो, तो वास या रसायनकार्याचें फल आहे, असें ते आपल्या मताच्या मंडनार्थ प्रतिपादन करितात. खूब जोरानें विद्युत् निघण्यास अमाल्गमचें सहाय्य होतें यांत संशय नाहीं. **कीनमाव्हर** याचा अमाल्गम सर्वांत उत्तम असतो.

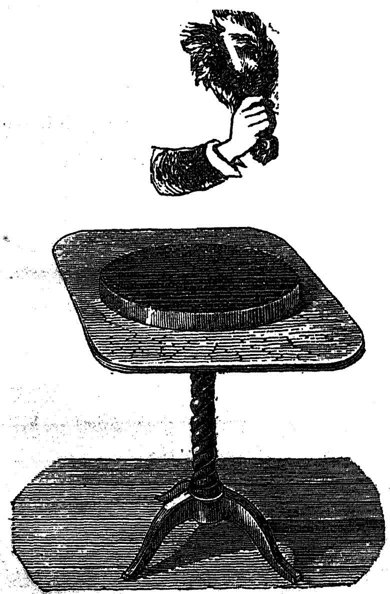
वाहकांत जमलेली विद्युत् नष्ट होऊं नये याकरितां कितीही सावधगिरी घेतली, व कितीही जलद यंत्र फिरविलें, तरी कांहीं मर्यादेच्या पलीकडे वाहकांत विद्युल्लता जमवितां येत नाहीं. कारण ज्याप्रमाणें यंत्रांत विद्युल्लता जमत जाते, त्याप्रमाणें तिचा जोरही वाढतो, आणि लवकरच हवा व वाहकाचे आधार यांच्या प्रतिबंधाहून तिचा निघून जाण्याचा कल जास्त होतो. असें झालें ह्मणजे घर्षणानें जितकी विद्युल्लता उत्पन्न होते, तितकी निघून जाते; व या मर्यादेच्या पलीकडे तिचा जोर वाढवितां येत नाहीं; आणि यंत्र जरी फिरवीत राहिलें, तरी विद्युन्मापकाचा दर्शक कायम राहतो.

यंत्रापासून महत्तम परिणाम व्हावा अशी इच्छा असेल, तेव्हां भिंती व दुसरें सामान यांच्या फार जवळ यंत्र ठेवूं नये. ज्या पदार्थांवर यंत्राचें प्रवर्तक कार्य घडूं शकेल, अशा सर्व पदार्थांपासून यंत्रास दूर ठेविलें पाहिजे. मुख्यत्वें ज्यांस टोंकें आहेत असे पदार्थ जवळ राहूं देऊं नयेत. कारण त्यांपासून यंत्र विजातीय विद्युल्लतेस एकसारखें आकर्षण करितें व त्यामुळें यंत्राचा स्वाभाविक स्थितींत जाण्याचा कल होतो. यंत्र चालत असतां त्याच्या मुख्य वाहकापाशीं मेणबत्तीची

होते, व धनविद्युत् शरीरांतून पृथ्वींत ... असल्यामुळें तेथें जी ऋणविद्युत् जमते, तिचा जोर वाढून ती तत्काळ टोंकांतून ज्या मुख्य वाहकानें ती प्रवर्तित झाली होती, त्यांतीलच धनविद्युल्लतेशीं संयोग पावते. याप्रमाणें वाहक व यंत्र अशीं दोन्हीं एकसारखीं स्वाभाविक स्थितींत परत जाऊं लागतात.

३१. विद्युद्धारकः—व्हाल्टा यानें शोधून काढलेलें हें एक साधें यंत्र आहे, व याच्या योगानें बऱ्याच परिमाणाची विद्युत् उत्पन्न करितां येते. यांत सुमारें एक फूट व्यासाची व एक इंच जाडीची राळेची वडी असते. ती वडी

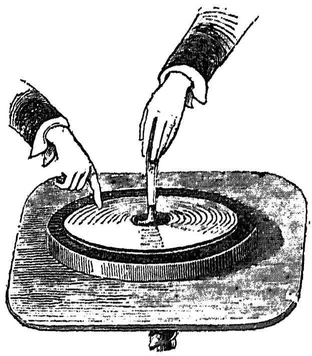
आ० ३३.

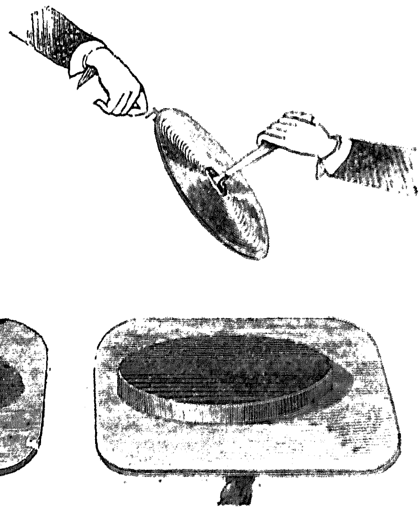


धातूच्या पत्र्यावर बसवितात. किंवा वडीच्या बेताचा लांकडी साच्या करून त्यास आंतून कथलाच्या वर्खानें मढवितात, व त्या साच्यांत फार करून वडी बसविलेली असते. याशिवाय वडीपेक्षां थोडें कमी व्यासाचें धातूच्या पत्र्याचें किंवा कथलानें मढविलेल्या लांकडी फळीचें वडीच्या पृष्ठभागावर बसण्याजोगें झांकण असतें, व या झांकणास कांचेची मूठ असते. या यंत्रानें वीज उत्पन्न करण्याची रीति अशी आहेः—यंत्राचे सर्व भाग गरम करून वडीवर आ०३३ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें मांजराच्या सकेश कातड्यानें

किंवा रेशमी अगर लोंकरी कापडानें चोळितात, किंवा बडवितात. · ह्मणजे ती वडी ऋणविद्युल्लतेनें जागृत होते. नंतर झांकणाचा पत्रा कांचेच्या मुठीनें हातांत धरून वडीवर ठेवितात. वडींतील ऋणविद्युल्लतेचें झांकणावर प्रवर्तक कार्य घडून ती झांकणांतील धनविद्युल्लतेस झांकणाच्या खालच्या बाजूस आकर्षण करिते, व सजातीय ऋणविद्युल्लतेस झांकणाच्या वरच्या बाजूस प्रतिसारित करिते. आतां आ० ३४ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें झांकणाच्या वरच्या बाजूस बोट

आ० ३४. आ० ३५.





लाविलें, ह्मणजे प्रतिसारित ऋणविद्युत् शरीरांतून जमिनींत जाते, आणि झांकणांत फक्त धनविद्युत् राहते. आतां कांचेच्या मुठीनेंच झांकण एका हातानें वर उचलून दुसऱ्या हाताच्या बोटाचें पेर पत्र्याच्या कडेजवळ आणिलें, तर ठिणगी येते. बोटावर पत्र्यांतील धनविद्युल्लतेचें प्रवर्तक कार्य घडून जी ऋणविद्युत् पेरांत उत्पन्न होते, तिचा संयोग झांकणांतील धनविद्युल्लतेशीं झाल्यामुळें ठिणगी उत्पन्न होते (आ० ३५ पहा).

वडीवर पुनः पत्रा ठेविला तर वडीचें प्रवर्तक कार्य पुनः त्यावर घडतें. कारण राळेची वडी इतकी मंदवाहक असते कीं, तिजमधील विद्युत् वहनानें

वरच्या पत्र्यास बोट लावून मुठीनें पत्रा उचलला, तर त्यापासून पुनः ठिणगी येते. याप्रमाणें पुष्कळ ठिणग्या घेतां येतात. वडी धातूच्या पत्र्यावर ठेविलेली असल्यानें व वडीवर झांकण राहिल्यानें तिजमध्यें विद्युल्लता राहण्यास जास्त सहाय होतें. कारण येणेंकरून वडीसंनिध हवा येऊं शकत नाहीं. राळेच्या वडीच्या बदला गटापर्चाची किंवा एबनाईटची वडी घेतली तरी चालते; किंवा गंधकी रबरानें मढविलेल्या कपड्याची वडी घेतली तरी चालते. घर्षणामुळें धनविद्युल्लतेनें जागृत होणाऱ्या पदार्थांची वडी घेतली तर झांकणांत ऋणजागृति येईल, हें उघड आहे.

३२. प्रवर्तन यंत्रें. विमशर्ट याचें यंत्रः—आलीकडे कित्येक अशीं विद्युत्यंत्रें काढण्यांत आलीं आहेत कीं, त्यांमध्यें घर्षणानें एकसारखी विद्युत् उत्पन्न होत नाहीं. आरंभीं विद्युद्धारकासारख्या यंत्रानें थोडीशी जागृति दिली ह्मणजे, किंवा आपोआपच जागृति उत्पन्न होऊन, ती वाढत जाते व खूप जोराची विद्युत् उत्पन्न होऊं लागते. अशा यंत्रांस **प्रवर्तन यंत्रें** असें ह्मणतात.

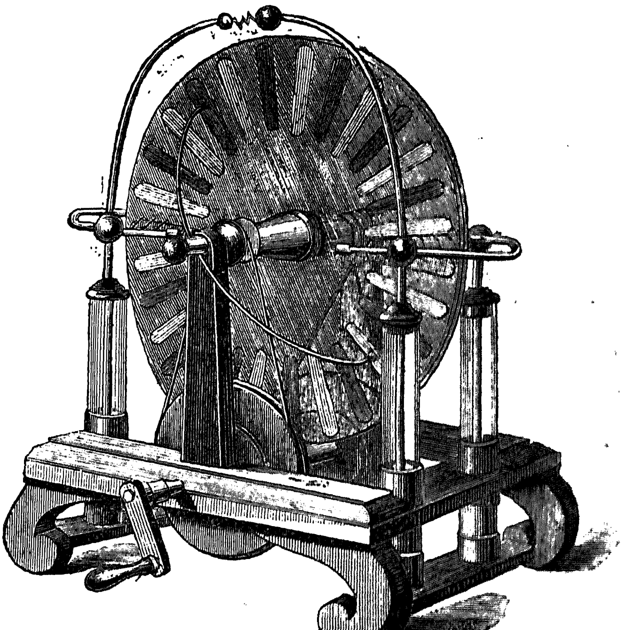
या सर्व यंत्रांत फार साधें व अतिशय जोराचें **विमशर्ट** याचें यंत्र आहे. यांत वर्तुळाकार दोन कांचेचीं चाकें एका लांबट गोल लांकडी तुकड्यावर अशीं बसविलेलीं असतात कीं, तीं परस्परविरुद्ध दिशांनीं फिरतात. त्यांमधील अंतर नियमित असतें, व ते पाव इंचाहून जास्त नसतें. दोन्ही चाकांवर चांगलें व्हार्निस लाविलेलें असून आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें कथलाच्या जाड वर्खाचे शंकाकार चार बोटें लांबीचे तुकडे कापून चाकाच्या कडांपासून मध्याकडे सारख्या अंतरावर चिकटविलेले असतात[३] (आ० ३६ पहा).

---

१ पदार्थवर्णन भाग २ पृष्ठ.

२ असलीं यंत्रें कोल्हापूर येथें केशव करजगार करितो, व त्यांचें कार्य विलायती यंत्राप्रमाणें घडतें. यास या यंत्राबद्दल कोल्हापूर येथें १८९१ सालीं झालेल्या प्रदर्शनांत बक्षिस मिळालें होतें.

आ० ३६.



ज्या रुळावर किंवा आंसावर चाकें फिरतात, त्याच्या एका बाजूस एक अर्ध-वर्तुळाकार वांकविलेली वाहकतार जोडलेली असते, व तिच्या दोहों टोंकांस बारीक पितळी तारांचे ब्रश असतात. यांच्या योगानें चाकावरील समोरासमोरच्या दोन चकत्या प्रत्येक फेराचे वेळीं परस्परांस जोडल्या जातात. कारण चाक फिरत असतां चाकांवरील वर्खाच्या चकत्या या ब्रशांस चाटून जातात. दुसऱ्या चाकाच्या मागच्या बाजूसही या वाहकाशीं काटकोनाकार असा दुसरा असलाच वाहक ब्रशांसह असतो. वीज जमविण्याकरितां ज्या फण्या लाविलेल्या आहेत, त्यांशीं हे अर्ध वर्तुळाकार वाहक जेव्हां ४५° चा कोन करितात, तेव्हां त्यांचें महत्तम जोराचें कार्य घडतें.

वांकविलेल्या तारेंत अणकुचीदार टोंकें बसवून केलेल्या दोन फण्या चाकाच्या

दोहों बाजूंस समोरासमोर असतात. या फण्यांमधून दोन्ही चाकें फिरतात व यांचीं टोंकें अगदीं चाकांजवळ असतात. यंत्राच्या बैठकीवर दोहों बाजूंस दोन कांचेचे विद्युत्घट असतात. या घटांच्या अंतर्कवचास जोडलेल्या बोंडांत आडवे गज बसविलेले असून त्यांस या फण्या जोडलेल्या असतात (आ० ३० पहा). घटांच्या तोंडांतच बोंडें असलेले दोन पितळी गज उभे बसविलेले असतात. ते वक्र वांकविलेले असून त्यांचीं बोंडें हवीं तेवढीं जवळ किंवा लांब ठेवितां येतात व या बोंडांमध्यें ठिणगी निघते. एक बोंड धनविद्युल्लतेनें व दुसरें ऋणविद्युल्लतेनें जागृत होतें, व त्यांचा संगम होऊन ठिणगी उत्पन्न होते.

या यंत्राचें कार्य आपोआप सुरू होतें. यास चालू करण्यास दुसऱ्या एकाद्या जागृत पदार्थांतून ठिणगी द्यावी लागत नाहीं. दोन किंवा तीन फेरे होतांच साधारण स्थितींत यंत्रास महत्तम जोर येतो. हें या यंत्राचें विशेष लक्षण आहे. आरंभीं जी ठिणगी येते ती हवेंतील विद्युल्लतेमुळें किंवा हवेच्या प्रतिबंधामुळें जें घर्षण घडतें त्यामुळें बहुतकरून येत असावी.

यंत्राचे पत्रे १७ इंच व्यासाचे असले ह्मणजे ठिणगी घेण्याचीं बोंडें ४ किंवा ५ इंचांवर असतां एकसारख्या एकामागून एक अशा जोरानें ठिणग्या येतात, व त्या दर फेऱ्यास दोन किंवा तीन या मानानें येत असतात.

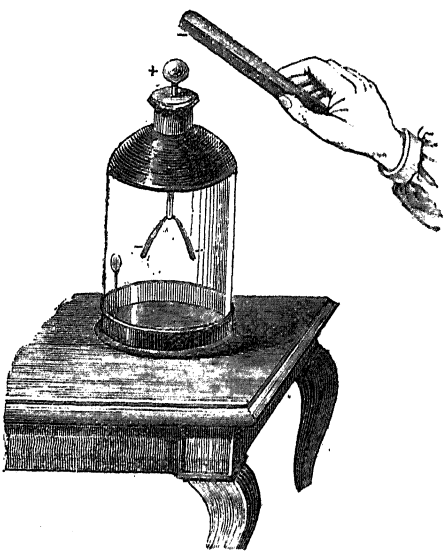
७ फूट व्यासाच्या पत्र्यांचें मोठें यंत्र असलें तर ठिणग्या घेण्याचीं बोंडें परस्पर २½ फूट अंतरावर असतां त्यांपासून ठिणग्या येतात. परंतु एवढ्या जोराची विद्युत् जमविण्याजोगे विद्युत्घट अद्याप करितां आले नाहींत. जे जे घट आजपर्यंत करण्यांत आले, व ज्यांमध्यें सर्व मागील इतिहासप्रसिद्ध मोठ्या यंत्रांची विद्युत् जमवितां आली, ते सर्व घट या प्रचंड जोराच्या विद्युल्लतेपुढें टिकत नाहींत, व ही वीज कांचेस भोंक पाडून पार निघून जाते.

या यंत्राचें कार्य कसें घडतें हें बरोबर सांगतां येत नाहीं. यंत्रास दोन पत्रे असून दुहेरी कार्य घडतें व दोहोंपासून विद्युत्संचायक फण्यांस विद्युत् मिळते. यामुळें याचें विलक्षण जोराचें कार्य घडत असावें असें शोधकाचें ह्मणणें आहे. चाकांवर लाविलेलें शंकाकार वर्खाचे जे तुकडे असतात त्यांचा प्रवर्तकाप्रमाणें व वाहकाप्रमाणें उपयोग होतो. जेव्हां त्यांजकडून वाहककार्य अति कमी होतें, तेव्हां प्रवर्तक कार्य महत्तम होतें, आणि जेव्हां त्यांचें प्रवर्तक कार्य

लघुत्तम होतें तेव्हां वाहककार्य महत्तम होतें. यंत्राची रचनाच अशी आहे कीं, एका चाकावरील वर्खांचें प्रवर्तककार्य महत्तम होतें, तेव्हां दुसऱ्या वरील वर्खांचें लघुत्तम असतें. या वर्खांचें जेव्हां वाहककार्य घडतें, तेव्हां त्यांसही हीच गोष्ट लागू असते. यावरून हेंही उघड होतें कीं, ठिणग्या बेण्याच्या बोंडांत जागृति जमणें व ती नाहींशीं होणें या गोष्टी सतत सारख्या चालतात.

३३. सुवर्णपत्र विद्युद्दर्शकः—हें यंत्र **बेनेट** यानें शोधून काढिलें. हें लहान पण फार नाजूक असून यानें एखादा पदार्थ विद्युज्जागृत आहे किंवा नाहीं, व जागृत असल्यास तो कोणत्या जातीच्या विद्युल्लतेनें जागृत आहे हें समजतें. एक हांडीच्या आकाराचें कांचेचें भांडें असून त्याच्या खालच्या बाजूचें थोरलें उघडें तोंड एका लांकडी फळीच्या खांचेंत बसविलेलें असतें, आणि वरच्या लहान तोंडास एक बूच असतें. बुचांतून एक जाड पितळीतारेचा तुकडा हांडींत गेलेला असतो (आ० ३७ पहा). या तुकड्याच्या आंतल्या टोंकांस सोन्याच्या वर्खाचे दोन पट्टीसारखे कातरलेले तुकडे बसविलेले असतात, व बाहेरच्या टोंकावर बोंड असतें. भांड्याची मान व वरचा भाग आणि बूच यांवर मद्यार्कांत लाख वितळवून तें व्हार्निस लाविलेलें असतें. याच्या योगानें कांचेचा विद्युत्स्थापकपणा वाढतो. कांच जरी अवाहक ह्मणजे विद्युत्स्थापक आहे तरी ती फार आर्द्रताशोषक आहे. ती हवेंतील पाण्याच्या वाफेस आकर्षण करिते, व वाफेचा थर कां-

आ० ३७.



कुपींतील हवा शुष्क करण्याकरितां कुपींत [illegible] कळ्या किंवा क्याल्सियम क्लोरइडाचे खडे ठेवितात. किंवा तीव्र सल्फुरिक आसिडांत पमिस दगडाचे तुकडे चपचपीत भिजवून ठेवितात. सोन्याच्या वर्खांच्या पट्टया फांकल्या ह्मणजे ज्या ठिकाणीं कुपीस लागतील त्या ठिकाणीं कुपीच्या आंतल्या बाजूस कथिलाच्या वर्खांच्या पट्टया दोहों बाजूंस चिकटवून त्यांस जमिनीशीं जोडलेलें असतें. अगर लांकडी बैठकींत दोन बोंडें असलेल्या तारा हांडीच्या बाजूजवळ उभ्या बसवितात व त्यांस जमिनीशीं जोडतात. यामुळें सोन्याच्या वर्खांच्या पट्टया फार फांकल्या तर यांस लागतांच त्या निर्जागृत होऊन पुनः जागृति घेण्यास योग्य होतात.

या दर्शकाच्या बोंडास धन किंवा ऋणविद्युल्लतेनें जागृत केलेल्या पदार्थांचा स्पर्श झाला ह्मणजे वर्ख जागृत होऊन फांकतात. परंतु खालीं लिहिल्या रीतीनें दर्शकास बहुधा प्रवर्तनानें जागृत करितातः—

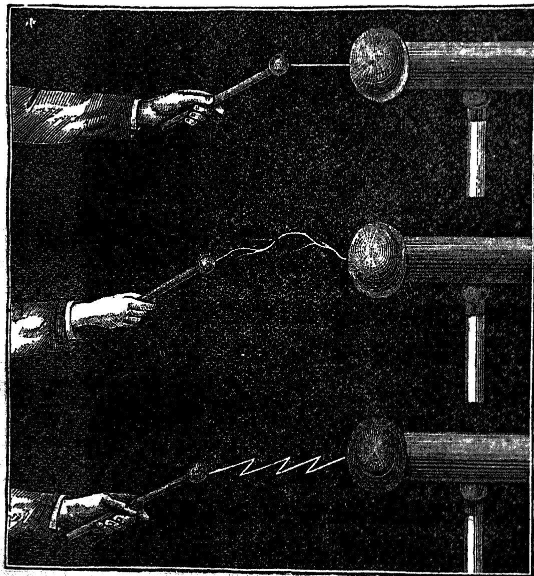
विद्युज्जागृत पदार्थ—उदाहरणार्थ लोंकरी कपड्यानें घांसलेलीं लाखेचीं कांडीं—दर्शकाच्या बोंडाजवळ आणिला, ह्मणजे त्याचें सर्व दर्शकावर प्रवर्तन घडून विजातीय विद्युत् बोंडांत आकर्षिली जाईल आणि सजातीय विद्युत् वर्खांत प्रतिसारित होईल, व तेणेंकरून वर्खे फांकतील. याप्रमाणें बोंडाजवळ आणलेला पदार्थ जागृत आहे किंवा नाहीं हें समजतें. परंतु जवळ आणलेल्या पदार्थांत धनजागृति आहे किंवा ऋणजागृति आहे, हें एवढ्यानें समजत नाहीं. दर्शकाच्या कुपीच्या आंतल्या बाजूस ज्या कथलाच्या वर्खांच्या पट्टया चिकटविलेल्या असतात, त्यांवर सोन्याच्या वर्खांतील विद्युल्लतेचें प्रवर्तन घडून प्रतिसारित विद्युत् जमिनींत जाते; आणि विजातीय विद्युत् पट्टयांत जमून त्यांचें वर्खांवर आकर्षक कार्य घडून वर्खे जास्त फांकतात, आणि यंत्राची सूक्ष्मता वाढते.

दर्शकाजवळ आणिलेल्या पदार्थांत कोणत्या जातीची विद्युत् आहे, हें खालील रीतीनें काढतात. लोंकरी कपड्यानें लाखेचा रूळ घांसला ह्मणजे तो ऋणविद्युल्लतेनें जागृत होतो. या रुळाच्या प्रवर्तक कार्याखालीं दर्शक असतां बोंडास बोट लाविलें तर धनविद्युत् आकर्षिली राहून प्रतिसारित झालेली ऋणविद्युत्

बोटांतून जमिनींत जाते, आणि पूर्वीं फांकलेले वर्ख एकत्र होतात. आतां रुळांतील ऋणविद्युल्लतेनें आकर्षून धरलेली फक्त धनविद्युत् मात्र यंत्रांत राहते. अशा स्थितींत प्रथम बोट काढून नंतर लागलाच जागृतरूळ एकीकडे केला, तर रुळानें आकर्षून धरिलेली धनविद्युत् सर्व यंत्रांत पसरते, आणि वर्ख धनविद्युल्लतेनें फांकतात. याप्रमाणें दर्शकास जागृत करितां येतें. परंतु या रीतीनें दर्शक नेहमीं विजातीय विद्युल्लतेनें जागृत होतो. दर्शकाचे वर्ख धनविद्युल्लतेनें जागृत असतां जर धनविद्युल्लतेनें जागृत असलेल्या पदार्थास उदाहरणार्थ—रेशमी कपड्यानें घांसलेल्या कांचेच्या रुळास—दर्शकाजवळ आणिलें तर दर्शकाचे वर्ख जास्त फांकतात. कारण याच्या प्रवर्तनानें धन ह्मणजे सजातीय विद्युतच प्रतिसारित होऊन वर्खांत जाईल. परंतु जागृत केलेल्या लाखेच्या रुळास दर्शकाजवळ आणिलें, तर वर्ख मिटतात. कारण लाखेच्या रुळाच्या प्रवर्तक कार्यानें ऋणविद्युत् वर्खांत प्रतिसारित होते; व तिचें मुळच्या धनविद्युतेवर आकर्षक कार्य घडून वर्ख मिटतात. ह्मणून ज्या पदार्थाच्या जागृतीची परीक्षा करणें असेल, त्याचा दर्शकास स्पर्श करून त्यांतील जागृति वहनानें दर्शकांत घालवावी आणि नंतर त्याजवळ धन किंवा ऋणविद्युतेनें जागृत केलेल्या पदार्थास आणून मूळ पदार्थाची जागृति ओळखावी. किंवा दर्शकास आरंभींच धन किंवा ऋणविद्युतेनें जागृत करून जागृत पदार्थास दर्शकाजवळ नेऊन त्याची परीक्षा करावी. वर्ख जास्त फांकले तर सजातीय जागृति आहे; आणि मिटले तर विजातीय आहे असें समजावें.

दर्शकाचे वर्ख केवढ्या कोनांतून फांकतात, हें पाहून त्यावरून जागृतीचें मान मापण्यास दर्शकाचा विद्युन्मापकाप्रमाणेंही उपयोग करितां येईल असें कित्येकांचें ह्मणणें आहे. कोन मापण्याकरितां अंश पाडलेली एक कागदाची पट्टी वर्खांच्या मागें याकरितां लावितात. सूक्ष्मजागृति असली, तर फांकलेल्या वर्खांमधील कोन जागृतीच्या प्रमाणांत असतो. परंतु जागृति मोठी असली ह्मणजे हें प्रमाण राहत नाहीं. याशिवाय दुसऱ्याही कित्येक कारणांकरितां याचा उपयोग जागृति मापण्यास करितां येत नाहीं. ह्मणून जागृति मापण्यास दर्शकाचा फारच क्वचित् उपयोग करितात.

३४. विजेची ठिणगीः—जे कोणी चालू असलेलें विजेचें यंत्र प्रथमच पाहतात, ते आपला हात यंत्राच्या मुख्य वाहकाजवळ नेऊन त्यापासून विजेची ठिणगी घेणें हा पहिला प्रयोग करितात. शरीरांतील स्वाभाविक स्थितींत असलेल्या विद्युद्द्रवावर वाहकांतील धनविद्युल्लतेचें प्रवर्तक कार्य घडून शरीरांतील विद्युद्द्रवाचें पृथग्भवन होतें; आणि धनविद्युत् प्रतिसारित होऊन जमिनींत जाते, आणि शरीरांतील ऋणविद्युत् वाहकांतील धनविद्युल्लतेनें आकर्षिली जाते. या दोन विजातीय विद्युल्लतांचा जोर मधल्या हवेच्या प्रतिबंधास अतिक्रमण करण्याजोगा झाला, ह्मणजे त्यांचा पुनः संयोग होतो, व कट् असा आवाज होऊन ठिणगी उत्पन्न होते. ही ठिणगी अल्पकालिक असते, आणि ठिणगी उत्पन्न होतांच



आ० ३८

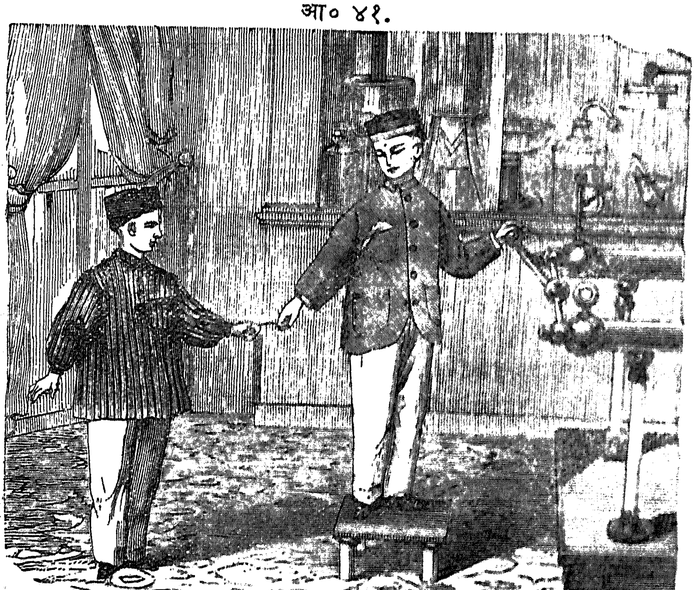
३९

४०

शरीरांत एक चमत्कारिक प्रकारची रिवरिवी येते. मोठ्या यंत्राच्या वाहकापासून ठिणगी घेतली तर असा भास ज्यास्त हटकून होतो. ठिणगीचा आकार भिन्न भिन्न असतो. थोड्या अंतरावरून ठिणगी घेतली तर आकृति ३८ मध्यें दाखविल्यासारखी सरळ रेषाकार असते. २ किंवा ३ इंचांहून ठिणगी जास्त लांब असली, ह्मणजे तिचा आकार बारिक फांद्या असलेल्या सर्पाकृति वक्र रेषेसारखा असतो (आ० ३९ पहा). आणि ठिणगी फार जोराची असली तर तिचा आकार नागमोडीसारखा असतो (आ० ४० पहा). आकाशांत वीज चमकते तेव्हां हे शेवटले दोन्ही आकार दृष्टीस पडतात.

३५. विद्युत्स्थापक स्टूलः—या स्टुलाच्या योगानें मनुष्याच्या शरीराच्या हव्या त्या भागापासून ठिणगी घेतां येते. व्हार्निस लाविलेल्या कांचेच्या वळकट पायांवर एक फळीचा तुकडा बसवून एक ठेंगणें स्टूल केलेलें असतें, त्यास **विद्युत्स्थापक स्टूल** ह्मणतात. या स्टुलावर उभें राहून यंत्राच्या

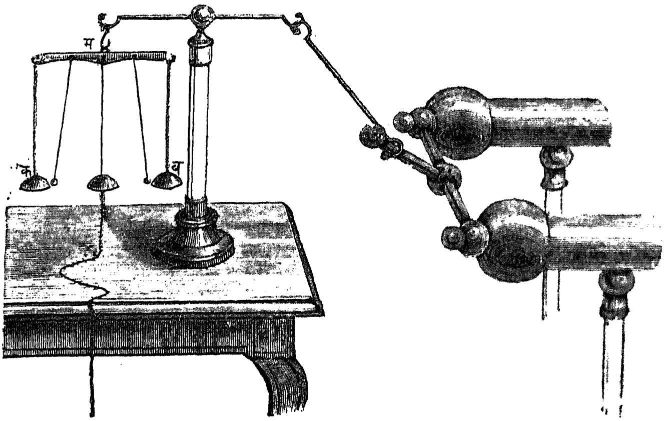
आ० ४१.



मुख्य वाहकावर मनुष्यानें एक हात ठेविला, तर त्याचें शरीर हा चांगला वाहक असल्यामुळें साधारण विद्युत्स्थापक धातूच्या वाहकावर जशी वीज पसरते, तशी त्याच्या शरीराच्या सर्व पृष्ठभागावर वीज पसरते (आ० ४१ पहा). केंस विद्युज्जागृत झाल्यामुळें ताठ होऊन एकमेकांपासून प्रतिसारित होतात. चेहऱ्यावर चमत्कारिक भास होऊं लागतो, आणि जवळ असलेल्या मनुष्यानें आपलें बोट स्टुलावरच्या मनुष्याच्या हातापाशीं नेलें तर त्यांतून ठिणगी येते; व याप्रमाणें नाकापाशीं, गालापाशीं, हनुवटीपाशीं किंवा त्याच्या आंगरख्याजवळ कोठेंही बोटाचें पेर नेलें, तर ठिणगी येते, आणि ठिणगी येतांच स्टुलावरील मनुष्याच्या सर्व शरीरांत कांहीं टोंचल्यासारखा भास होतो. कागदाच्या बारिक पट्ट्यांचा झुपका त्याच्या हातांत दिला तर त्याच्या पट्ट्या एकमेकांपासून दूर जातात. अशा स्टुलाच्या जागीं कांचेच्या चार पेल्यांवर फळी ठेवून मनुष्य उभा राहिला, किंवा रबर अथवा गटापर्चा याच्या वडीवर उभा राहिला, तरी तो विद्युत्स्थापित होतो. विद्युत्स्थापित स्टुलावर मनुष्य उभा असतां त्याच्या अंगावर जमिनीवर असलेल्या मनुष्यानें रेशमी किंवा लोंकरी कपड्यानें बडविलें, तर स्टुलावरचा मनुष्य विद्युज्जागृत होतो. त्यानें विद्युद्दर्शकास हात लाविला तर त्याचे पत्रे फांकतात, आणि पत्र्यांत ऋणजागृति असते, असेंही दाखवितां येतें.

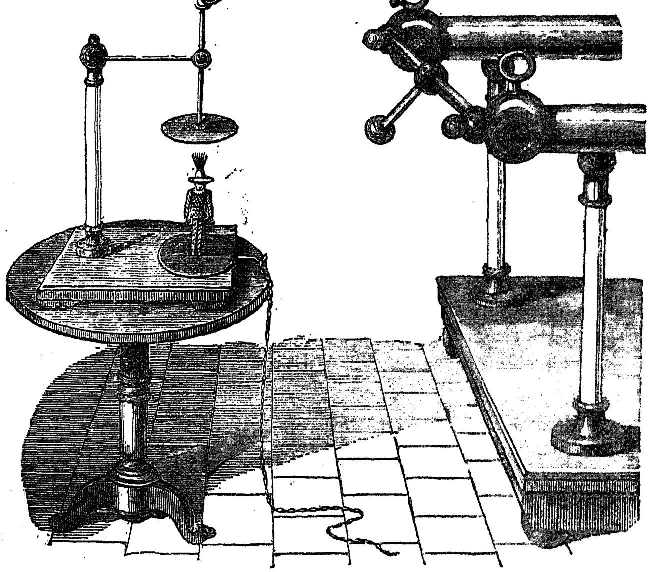
३६. विद्युन्नादः—विद्युल्लतेच्या आकर्षणानें व प्रतिसारणानें आपोआप वाजणारा एक घंटांचा सांगाडा असतो. त्यास विद्युद्घंटा ह्मणतात व त्यापासून होणाऱ्या ध्वनीस विद्युन्नाद ह्मणतात. यांत **म** या एका आडव्या गजास धातूच्या तीन घंटा टांगलेल्या असतात, व त्या गजास एका आंकड्यानें यंत्राच्या मुख्य वाहकास जोडतां येतें (आ० ४२ पहा). कडेच्या **ब, क** या दोन घंटा धातूच्या हलक्या सांखळ्यांनीं टांगलेल्या असून मधली घंटा रेशमी दोऱ्यानें टांगिलेली असते, व एका सांखळीनें तिला जमिनीशीं जोडलेलें असतें. घंटांमध्यें रेशमी दोऱ्यानें टांगलेल्या दोन लहान व पोकळ पितळी गोट्या किंवा मणी असतात. हे घंटांवर आदळले ह्मणजे घंटा वाजतात. यंत्र चालू केलें ह्मणजे आडव्या गजास लाविलेल्या सांखळ्यांतून **ब, क** या दोन कडेच्या घंटांमध्यें वीज उतरून त्या वहनानें जागृत होतात. परंतु गोट्या व मधली घंटा यांस रेशमी दोऱ्यानें टांगिलें असल्यामुळें त्यांमध्यें जागृति जात नाहीं. ह्मणून **ब, क**

आ० ४२.



घंटा जागृत होतांच जवळच्या हलक्या गोट्यांस आकर्षण करितात. स्पर्श होतांच त्या सजातीय विद्युल्लतेनें जागृत झाल्यामुळें प्रतिसारित होतात. याप्रमाणें मागें हटतांच मधल्या घंटेवर आदळतात, व ती जमिनीशीं जोडलेली असल्यामुळें सर्व विद्युत् जमिनींत जाऊन गोट्या निर्जागृत होतात. नंतर पुनः आकर्षिल्या जाऊन पुनः प्रतिसारित होतात. याप्रमाणें यंत्र चालू असेपर्यंत चालून घंटानाद आपोआप होत राहतो.

३७. विजेनें होणारा नाचः—विद्युज्जागृत पदार्थांच्या आकर्षणानें व प्रतिसारणानें घंटांसारखाच हा नाच होतो. एक गोल पितळीपत्रा सांखळीनें यंत्राच्या वाहकास जोडावा, व त्याच्या खालीं दुसरा एक तेवढाच पत्रा लांकडी बैठकीवर बसवून ठेवावा, व या पत्र्यास सांखळीनें जमिनीशीं जोडावें. नंतर भेंडाच्या फार हलक्या अशा बाहुल्या करून त्यांच्या पायांत बारिक शिशाचे मणी किंवा छरे घालून त्यांस पायांकडे किंचित् जड करावें (आ० ४३ पहा). अशी बाहुली खालच्या पत्र्यावर ठेविली, आणि यंत्र चालू केलें, म्हणजे वरचा पत्रा जागृत होऊन बाहुलीस आपल्याकडे आकर्षितो, व पुनः प्रतिसारित करितो. प्रतिसारित झाल्यावर बाहुली खालच्या पत्र्यावर येऊन निर्जागृत होते; आणि

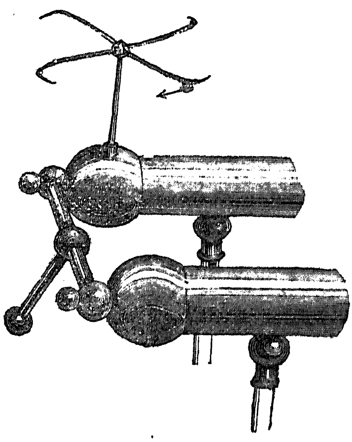


पुनः आकर्षिली जाऊन पुनः प्रतिसारित होते, आणि याप्रमाणें ती एकसारखी उड्या मारीत किंवा नाचत राहते. याचप्रमाणें गोळ्यांचा नाच दाखविण्याचाही प्रयोग करितां येतो. दोन विजातीय विद्युल्लतांनीं जागृत असलेल्या ढगांमध्यें गारांची गति कशी असते, हें त्या वेळच्या समजुतीप्रमाणें दाखविण्यासाठीं **व्हाल्टा** यानें आरंभीं हा प्रयोग योजिला होता. दोहों तोंडांनीं उघडें असें एक लहानसें कांचेचें पंचपात्र कथलानें मढविलेल्या फळीवर बसविलेलें असतें, व ती फळी सांखळीनें जमिनीस जोडलेली असते. या पंचपात्रावर एक धातूचें झांकण असून त्या झांकणांत एक पितळी गज बसविलेला असतो. त्याच्या खालच्या टोंकास एक पितळी बोंड किंवा चकती असते, व वरच्या टोंकास एक कंकण असतें. पंचपात्राच्या तळावर भेंडाच्या कांहीं हलक्या गोळ्या ठेवून झांकणां-

तील गजास विद्युयंत्राच्या वाहकांशीं जोडिलें, तर यंत्र चालू करितांच गजाचें खालचें बोंड धनविद्युल्लतेनें जागृत होऊन खालच्या भेंडीगोळ्यांस आकर्षण करितें. गोळ्यांचा बोंडास स्पर्श होतांच त्या प्रतिसारित होतात. आणि खालच्या पत्र्यावर पडतांच निर्जागृत होऊन पुनः आकर्षिल्या जातात, व पुनः प्रतिसारित होतात. याप्रमाणें यंत्र चालू असेपर्यंत गोळ्या नाचत राहतात.

३८. विद्युल्लतेनें फिरणारें चक्रः—एका पितळी गोल बोंडांत टोंकें असलेल्या ४ किंवा ६ पितळी तारा मधोमध बसवून व त्यांचीं टोंकें एकाच दिशेस वांकवून तें बोंड अणकुचीदार गजाच्या टोंकावर फिरण्याजोगें बसवून हें चक्र केलेलें असतें (आ० ४४ पहा). हा गज विजेच्या मुख्य वाहकावर उभा

आ० ४४.



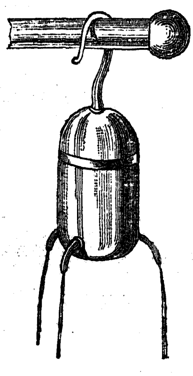
बसविला, आणि यंत्र फिरविलें ह्मणजे ज्या दिशेस टोंकें वांकविलेलीं आहेत, त्याच्या उलट दिशेनें चक्र फिरूं लागतें. या चक्राची गति मागें सांगितलेल्या जलचक्राच्या गतीसारखीच असते (पू. भा. १ क. ८१). जलचक्राची गति गुरुत्वधारी प्रवाहीच्या वाहण्यानें उत्पन्न झाली होती; तशी येथें उत्पन्न होत नसून टोंकांतील विद्युत् आणि टोंकांजवळच्या हवेस त्यांपासून साक्षात् वहनानें मिळालेली सजातीय विद्युत् यांमधील प्रतिसारणामुळें येथें गति उत्पन्न होते. यंत्राच्या वाहकांतील विद्युत् चक्राच्या तारांच्या टोंकांत जमून तिचा जोर वाढतो, व यामुळें ती जवळच्या हवेंत जाते. याप्रमाणें हवा जागृत होऊन सजातीय विद्युत् असलेल्या टोंकास मागें प्रतिसारित करिते; व आपणही टोंकापासून प्रतिसारित होऊन मागें हटते. याप्रमाणें ४ किंवा ६ टोंकें मागें हटल्यानें सर्व चक्रास गरगरां

फिरण्याची गति प्राप्त होते. चक्र फिरत असतां जर त्याच्या टोंकांजवळ हात नेला, तर विद्युज्जागृत हवेच्या गतीमुळें सूक्ष्म प्रवाह असल्याचें अनुभवास येतें, व यावरून हवा व टोंकें यांमध्यें प्रतिसारण घडतें हें सिद्ध होतें. हें यंत्र एका मोठ्या ग्राहकांत घालून ग्राहकास रितें केलें व चक्रास जागृत केलें तर त्यांत चक्र फिरत नाहीं. याप्रमाणें टोंकांतून ज्या रीतीनें विद्युत् हवेंत जाते, ती रीति द्रवांत प्रापणानें उष्णता पसरते, तिजसारखी कांहींशी असते. ह्मणून विद्युत् पसरण्याच्या या रीतीस विद्युत्प्रापण असेंही कधीं कधीं नांव देतात.

याप्रमाणें टोंकांतून जेव्हां विद्युत् हवेंत जाते, तेव्हां विद्युज्जागृत हवा अशा जोरानें प्रतिसारित होते कीं, ती केवळ हातासच समजते असें नसून टोंकापुढें जळती मेणबत्ती धरिली असतां तीही या प्रवाहानें विझते. यंत्राच्या मुख्य वाहकावर जळती मेणवात ठेविली, आणि हातांत अणकुचीदार तार धरून तिच्या टोंकास ज्योतीजवळ आणिलें, तरी असाच परिणाम घडतो. या ठिकाणीं यंत्राच्या वाहकाच्या प्रवर्तक कार्यानें जी विजातीय विद्युत् टोंकामध्यें जमते, तिच्यामुळें प्रवाह उत्पन्न होतो.

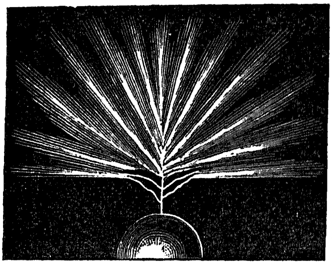
एक लहानसें धातूचें भांडें घेऊन थेंबथेंब पाणी पडण्याजोगीं त्यास बारीक तीन भोंकें पाडिलीं, आणि त्यांत पाणी भरून धातूच्या तारेनें विद्युद्यंत्राच्या वाहकास टांगिलें, व यंत्र फिरविलें, ह्मणजे आरंभीं पाणी भोंकांतून थेंब थेंब पडत होतें तेंच आतां भांडें व पाणी जागृत होतांच पाण्याची धार पडूं लागते(आ० ४५ पहा). कारण पाणी व भांडें अशीं दोन्हीं विद्युत्-जागृत झाल्यानें भांड्यामध्यें व पाण्याच्या कणांमध्यें प्रतिसारण उत्पन्न होतें.

आ० ४५.



$\frac{1}{8}$ किंवा $\frac{1}{6}$ इंच जाडीच्या तारेचा तुकडा घेऊन त्याचें टोंक गोल केलें

आ० ४६.

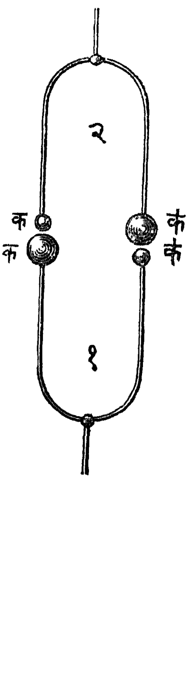


आणि त्यास विद्युद्यंत्राच्या वाहकावर बसवून अंधेरांत यंत्र फिरविलें, तर तारेच्या टोंकांतून जी विद्युत् एकसारखी जात राहील, तिनें हवा प्रकाशित होईल; आणि तारेच्या माथ्यावर प्रकाशाचा ब्रश किंवा झुबका दिसेल (आकृ० ४६). येथें ब्रशाच्या रूपानें दोहों विद्युतांचा संयोग होतो.

ज्या जातीच्या विद्युल्लतेनें वाहक जागृत केला असेल, त्याप्रमाणें ब्रशाचा आकार भिन्न भिन्न असतो, हीही गोष्ट लक्षांत ठेवण्यासारखी आहे. धनविद्युल्लतेनें वाहक जागृत केला असला, तर ब्रशाचा आकार मोठा असतो; आणि ऋणविद्युल्लतेनें जागृत केला असल्यास त्याचा आकार लहान असतो. ऋणविद्युज्जागृति टोंकांतून जात असतां ब्रशास प्रकाशमान ताऱ्याचा आकार असतो. किंवा एकसारखा लखलखणारा बिंदु दिसतो.

या दोन विद्युल्लता वाहकांतून ज्या वेगानें बाहेर पडतात, त्यांतही अंतर असतें.

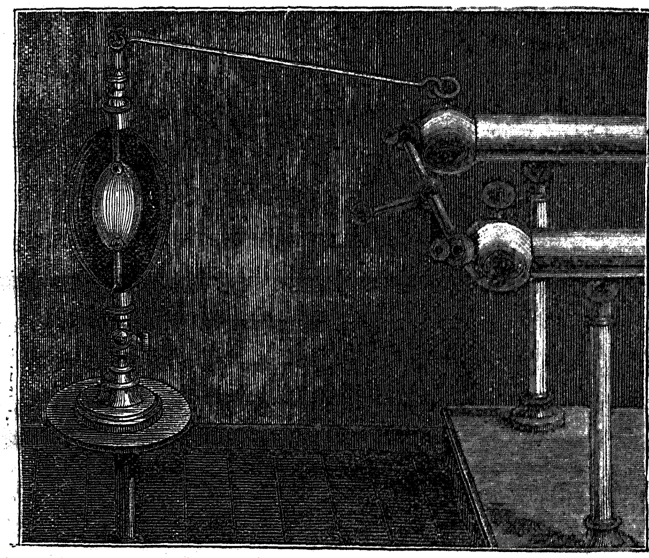
आ० ४७.



खालीं आकृतींत (आकृ० ४७ पहा) दाखविल्याप्रमाणें हुबेहुब एकासारखे एक असे दोन **फारेडे** यानें निर्जागृतक केले, व त्यांच्या टोंकांवर असमान आकाराचीं **क, कं,** आणि **क, कं** बोंडें लाविलीं. दोन्ही निर्जागृतकांस जागृत करून त्यांचीं बोंडें परस्परांपासून थोड्या अंतरावर येतील असें त्यांस ठेविल्यास असें अनुभवास येतें कीं, जेव्हां वरच्या (२) निर्जागृतकांत धनजागृति असते, तेव्हां **क** आणि **क** यांमधील विद्युतांचा संयोग होऊन ठिणगी येते. आणि जेव्हां खालच्या निर्जागृतकांत धनजागृति असते, तेव्हां **कं** आणि **कं,** यांमधील विद्युल्लतांचा संयोग होतो. लहान बोंडांत धन जागृति आणि थोरल्या बोंडांत ऋणजागृति असतात, तेव्हां दोहोंचा संयोग जास्त अंतरांतून होतो.

३९. विजेचें आंडें:—हवेच्या दाबाचा ह्मणजे हवेच्या मंदवाहकत्वाचा विद्युत्प्रकाशावर कसा परिणाम घडतो, हें विजेच्या आंड्याच्या प्रयोगानें समजतें. या यंत्रांत कांचेचें एक अंडाकार भांडें असतें, व त्यास दोहों शेवटांवर पितळेचीं टोपणें असतात, व त्या टोपणांतून बोंडें असलेले दोन दांडे बसविलेले असतात. दोहोंचीं बोंडें भांड्यांत असतात. खालच्या दांड्यास उघडझांप करण्याचा काक बसविलेला असतो. त्यानें अंडाकृति भांड्यास वाताकर्षकाच्या तबकडीवर बसवितां येतें, व नंतर एका भक्कम धातूच्या बैठकींत बसवितां येतें. खालच्या टोपणांतील दांडा पक्का बसविलेला असतो. परंतु वरच्या टोपणांतील दांडा कातडीगिरदीमधून खालवर सरकण्याजोगा असतो. आणि त्यास यंत्रास जोडण्याकरितां एक कडी असते (आ० ४८ पहा). अंडाकृति

आ० ४८.

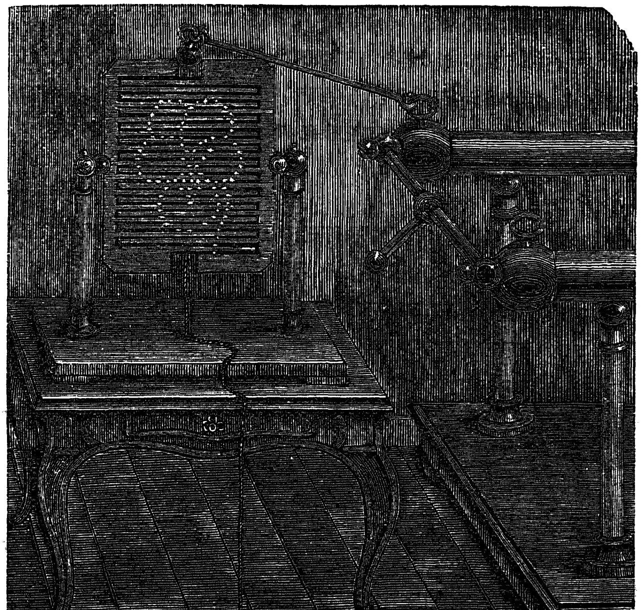


भांड्यास वाताकर्षकावर बसवून अगदीं रिक्त करितात, आणि काक बंद करून त्यास बैठकीवर बसवितात. नंतर वरचें टोपण एका तारेनें विद्युथं-

त्राच्या वाहकास जोडतात, आणि खालचें टोपण जमिनीशीं सांखळीनें जोडितात. यंत्र चालू केलें ह्मणजे अंडाकार गोल फिकट किरमिजी रंगाच्या प्रकाशानें भरतो, व प्रकाश एका बोंडापासून दुसऱ्या बोंडापर्यंत सलग दिसतो. वरच्या टोपणांतील बोंडाची धनविद्युत् आणि खालच्या टोपणांतील बोंडाची ऋणविद्युत् यांचा संयोग रिक्तस्थळीं झाल्यामुळें असा प्रकाश दिसतो. काक उघडून गोलांत हळूहळू हवा घेऊं लागले ह्मणजे हवा गोलांत गेल्यानें प्रतिबंध वाढतो, व यामुळें जो प्रकाश पूर्वीं सलग व तेजस्वी दिसत होता, त्याच्या जागीं एका बोंडापासून दुसऱ्या बोंडाकडे जाणारी साधी ठिणगी दिसूं लागते.

४०. जादूचें तावदानः—कांचेच्या तावदानाच्या एका बाजूवर

आ० ४९.

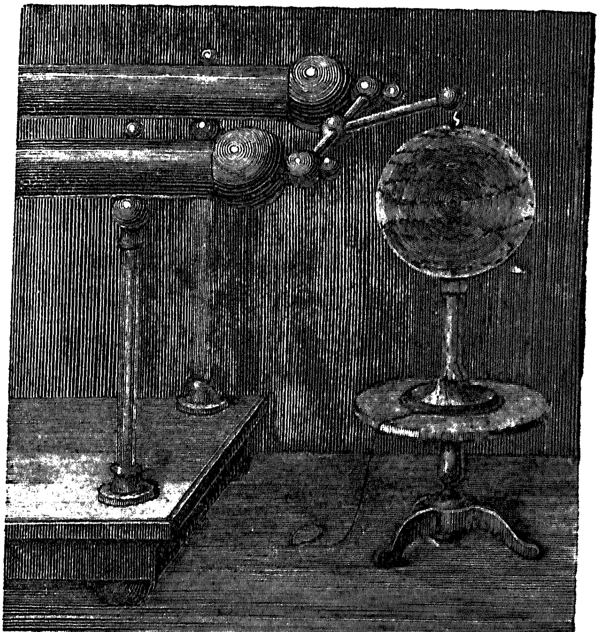


कडांकडे थोडी जागा सोडून एका कडेपासून दुसऱ्या कडेपर्यंत कथिलाच्या वर्खाच्या अरुंद पट्ट्या परस्परांशीं समांतर आणि जवळ जवळ चिकटवून त्यांस लहान तुकड्यांनीं आलटून पालटून असें जोडितात कीं, तावदानावर एकच सलग पट्टी दिसते. तावदान कांचेच्या दोन खांबांवर अधांत्रीं बसविलेलें असतें; आणि वरच्या व खालच्या बाजूंस दोन पट्ट्या व आंकडे बसविलेले असून त्यांस वर्खाच्या सलग पट्टीचीं दोन्हीं शेवटें जोडलेलीं असतात. (आ० ४९). वरची पट्टी वाहकानें विद्युद्यंत्राशीं व खालची पट्टी सांखळीनें जमिनीशीं जोडून यंत्र फिरविलें तर यंत्रांतील वीज वर्खांतून थेट जमिनींत जाईल. परंतु वर्खाच्या पट्टीचे मधून मधून चाकूनें तुकडे कापले, तर प्रत्येक कापल्या ठिकाणीं ठिणगी दिसेल. वर्खाच्या पट्ट्यांत एकादें फूल, मनोरा, किंवा शब्द दिसण्याजोग्या या चकत्या कापल्या, तर यंत्र चालू करितांच तो पदार्थ प्रकाशमय रेषांत दिसूं लागेल. असें दिसण्याचें कारण प्रकाशाचा अत्यंत वेग होय. हा वेग दर सेकंदास १,८६००० मैल आहे. यामुळें जरी ठिणग्या एकामागून एक अशा अनेक छिद्रांतून जातात, तरी त्या इतक्या जलद जातात कीं, त्या एकाच वेळीं सलग असल्यासारख्या दिसतात.

४१. प्रकाशमान गोल व नळीः—एका कांचेच्या गोलाच्या आंतल्या बाजूस कथलाच्या वर्खाच्या चौकोनी लहान चकत्या एका रांगेनें शेंड्यापासून तें बुडख्यापर्यंत एकमेकांस स्पर्श न करितां जवळ जवळ चिकटविलेल्या असतात. पहिली वरची चकती विद्युद्यंत्राच्या वाहकास आणि खालची शेवटली चकती जमिनीशीं जोडून यंत्र फिरविलें ह्मणजे तेजस्वी ठिणग्या एका चकतीपासून दुसऱ्या चकतीकडे याप्रमाणें अखेरपर्यंत जाऊन जमिनींत जातात. आणि प्रकाशाच्या अत्यंत वेगामुळें सर्व एकदम दिसून गोल प्रकाशमान दिसतो (आकृति ५०).

एका लहानशा कांचेच्या नळीवर असल्या चकत्या एका टोंकापासून दुसऱ्या टोंकाकडे नागमोडी आकाराची रेषा उत्पन्न होण्याजोग्या सर्पाकृति जवळ जवळ चिकटविल्या, आणि या नळीस दुसऱ्या मोठ्या नळींत बसवून खालच्या व वरच्या चकतीस स्पर्श करण्याजोगीं नळीच्या दोहों तोंडांवर धातूचीं दोन टोपणें

आ० ५०.



बसविलीं, व एक टोंपण यंत्राच्या वाहकाशीं व दुसरें जमिनीशीं जोडून यंत्र फिरविलें, तर नळी सर्पाकृति प्रकाशमय रेषेनें प्रकाशित दिसेल.

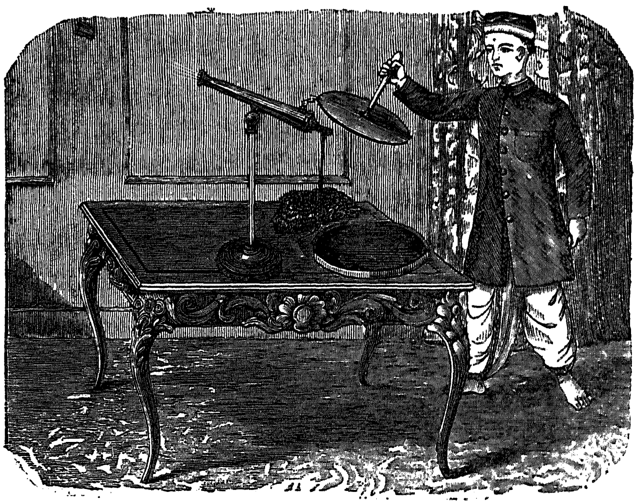
रेशमी दोऱ्यांत कांचेचे व धातूचे मणी ओवून एकादें नांव किंवा आकृति बनविली, व त्यांतून वीज जाऊं दिली तर नांव किंवा आकृति प्रकाशमान दिसेल.

४२. विजेच्या ठिणगीनें उडविण्याची तोफः—हा प्रयोग केवळ मौजेचा आहे, इतकेंच नसून विजेच्या ठिणगीनें रसायनकार्य होतें, ही महत्वाची गोष्टही सिद्ध होते. दोन मापें हैड्रोजन व एक माप आक्सिजन यांचा संयोग होऊन पाणी बनतें. या दोन वायूंचें वरच्या प्रमाणांत मिश्रण करून त्यांत विजेची ठिणगी सोडिली, तर त्यांचें पाणी बनतें. हा संयोग होतांना प्रकाशाची चमक दिसते व मोठा बार होतो. दोहों वायूंच्या संयोगा-

पासून जें पाणी होतें त्याची वाफ संयोगजन्य उष्णतेनें अतिशय प्रसरण पावते, व हवेवर मोठा धक्का बसतो. यामुळें बार होतो.

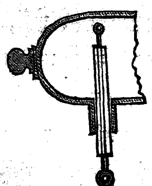
जो मिश्रवायु विजेच्या ठिणगीनें उडवावयाचा त्यास उडविण्याची तोफ आकृति ५१ मध्यें दाखविली आहे. तोफेच्या आकाराचीही एक पितळेची

आ० ५१.



नळी असते. हिच्या रंजकीच्या भोंकांत एक कांचेच्या किंवा हस्तिदंताच्या नळीचा तुकडा गच्च बसविलेला असून, तींत दोहों बाजूंस दोन छोटीं पितळी बोंडें असलेला तारेचा तुकडा हवा आंतबाहेर न जाण्यायेण्याजोगा गच्च बसविलेला असतो. एक बोंड नळीच्यावर असतें, व दुसरें नळीच्या दुसऱ्या बाजूस स्पर्श न करितां तिच्या अगदीं जवळ गेलेलें नळीच्या पोकळींत असतें (आ० ५२). या तोफेंत दोन मापें हैड्रोजन व एक माप आक्सिजन यांचें मिश्रण पाण्यांत भरून तोंडास बूच गच्च बसवावें; नंतर तोफेस पुसून कोरडें करावें व तिला कांचेच्या दां-

आ० ५२.



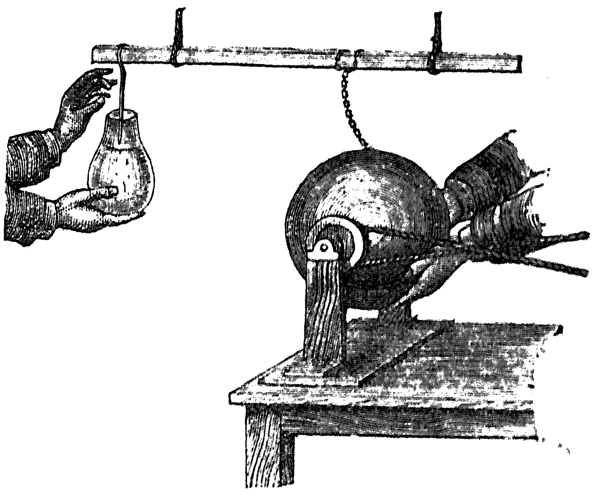
द्याच्या बैठकीवर बसवून तिला सांखळीनें जमिनीशीं जोडावें. नंतर विद्युद्धारकाच्या जागृत केलेल्या पत्र्यास रंजकींतील तारेच्या बोंडापाशीं न्यावें म्हणजे तत्काळ पत्र्यांतून बोंडांत व आंतल्या बोंडांतून तोफेंत ठिणगी जाईल, व तेणेंकरून दोहों वायूंचा संयोग होऊन मोठा बार होईल, व त्यानें तोफेच्या तोंडांतील बूच उडून जाईल. हैड्रोजन व आक्सिजन यांच्या जागीं खनिज कोळशांचा धूर व हवा यांचें मिश्रण तोफेंत भरलें, तरी असाच बार होतो.

प्रकरण ४.

विद्युत्संचय आणि विद्युद्घट (लेडनजार).

४३. विद्युद्घटाचा शोधः—इ० स० १७४५ सालीं फ्लास्कांत असलेल्या पाण्यास विद्युज्जागृत करावें, या हेतूनें लेडन शहरच्या **क्यूनियस** या नांवाच्या पंडितानें विद्युद्यंत्राच्या वाहकास एक तार अडकवून तिचें टोंक फ्लास्कांतील पाण्यांत बुडविलें, व आपल्या एका ओल्या हातांत त्यानें फ्लास्क धरिलें (आ० ५३ पहा). कांहीं वेळ यंत्र चालल्यावर फ्लास्कास यंत्राच्या वाहकापासून

आ० ५३.



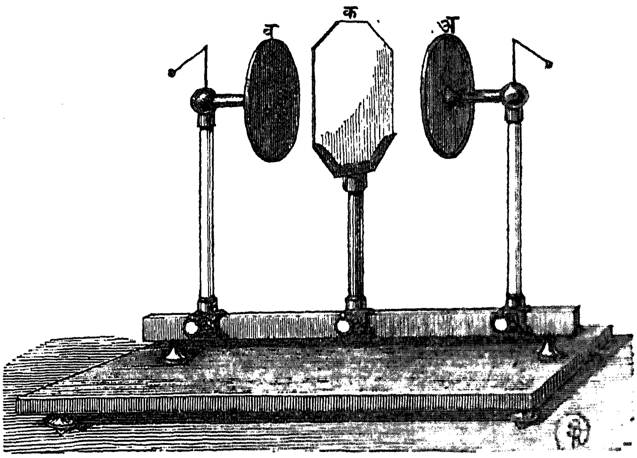
धक्का बसला कीं, तो बेशुद्ध होऊन खालीं पडला. त्यास शुद्धीवर येण्यास दोन दिवस लागले; आणि आपला मित्र **रोमर** यास या प्रयोगाविषयीं पत्र लिहितांना त्यानें त्यांत असें लिहिलें होतें कीं, "सर्व फ्रान्स देशचें राज्य जरी मला कोणीं देऊं केलें, तरी मी हा प्रयोग पुनः करणार नाहीं."

याच्या पूर्वींच्याच सालीं **क्लीस्ट** या नांवाच्या एका जर्मन देशच्या पाद्रीनें बहुतेक याच तऱ्हेचा प्रयोग केला होता, व त्यानें आपल्या मित्रास खासगी पत्र लिहितांना त्यांत त्याचें वर्णन केलें होतें. परंतु या प्रयोगांत धक्का बसण्याचें कारण काय? व धक्का न बसतां हा प्रयोग सुरक्षितपणें करितां येण्यास कोणत्या गोष्टी अवश्य पाहिजेत, हें **डच** पंडितांनीं शोधून काढिलें. ह्मणून त्यांच्या शोधावरून जें यंत्र निघालें त्यास त्यांच्या सन्मानार्थ **लेडन** शहरावरून **लेडनजार** (लेडनघट) असें नांव दिलेलें आहे. आपण यास **विद्युद्घट** असें नांव देऊं.

४४. विद्युत्संचायकः—वरील प्रयोगांत पाणी व हात यांस दोहोंमधील विद्युत्स्थापक कांचेनें अलग ठेविलें होतें, व या दोहोंचा वाहकांप्रमाणें उपयोग होत होता, हें सहज दिसून येईल. ज्या ठिकाणीं अशी योजना करितां येईल, त्या ठिकाणीं असेच परिणाम घडतील. कारण अशा रचनेच्या अंगीं विद्युत् जमविण्याची किंवा संचित करण्याची शक्ति येते. ह्मणूनच अशा रचनेच्या यंत्रास **संचायक** असें नांव दिलेलें आहे.

संचायकाचें कार्य कसें घडतें, हें **एपिनस** याच्या यंत्रावरून सहज दाखवितां येतें. या यंत्रांत **अ, ब** हे दोन धातूचे वर्तुळाकार पत्रे कांचेच्या खांबांवर बसवून विद्युत्स्थापित केलेले असतात (आ० ५४ पहा). या दोहोंमध्यें

आ० ५४.

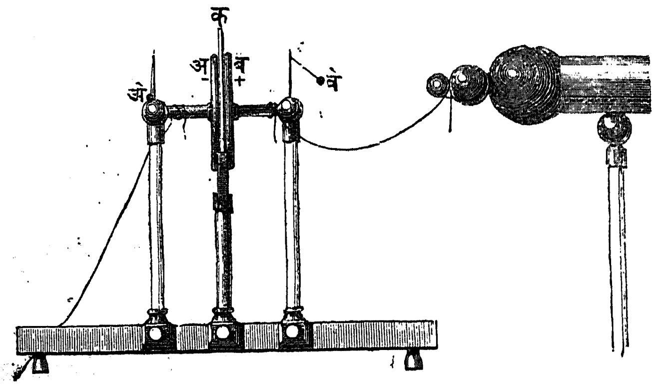


क हें कांचेचें तावदान आहे, व त्याचा व्यास अ, ब पत्र्यांहून थोडा मोठा आहे. अ, ब पत्रे सुमारें ६ इंच व्यासाचे असले ह्मणजे बस होतें, आणि क तावदान ७ किंवा ८ इंच व्यासाचें वर्तुळाकार किंवा चौकोनी असलें तरी चालतें. तिन्ही पत्र्यांस बैठकीवर पुढें मागें सारतां येतें व हव्या त्या ठिकाणीं स्क्रूनीं घट्ट करितां येतें.

संचायकाचें कार्य कसें घडतें हें सांगण्याकरितां प्रत्येक पत्र्याची जी बाजू कांचेच्या पत्र्याकडे आहे, तिला **आंतील** बाजू ह्मणूं, आणि दुसऱ्या बाजूस **बाहेरील** बाजू ह्मणूं. कांचेच्या दांड्यावरील पितळी टोपणांत आडवे काटकोनाकार पितळेचे दांडे बसवून त्यांस धातूचे पत्रे जोडलेले आहेत, व प्रत्येक टोपणावर एकेक तार बसवून प्रत्येकीला एकेक भेंडाची गोटी टांगिलेली आहे. प्रथमतः ब पत्र्यापासून अ पत्रा इतक्या अंतरावर ठेवावा कीं, त्यावर बचें कार्य घडणार नाहीं. ब पत्र्यास विद्युद्यंत्राच्या वाहकास जोडून जागृत करावें. ह्मणजे तो पत्रा जागृत होऊन जागृति पत्र्याच्या दोहों बाजूंवर सारखी पसरेल, व त्यास लाविलेली गोटी दूर जाईल. आतां पत्र्याचा यंत्राशीं संगम तोडला, तरी कांहीं फेरफार होणार नाहीं. परंतु जर अ

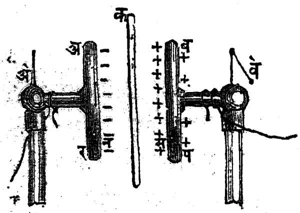
जोडलें असल्यास प्रतिसारित सर्व धनविद्युत् जमिनींत जाईल (आ० ५५ पहा).

आ० ५५.



याशिवाय दुसरा एक असा परिणाम घडेल कीं, **अ** पत्र्यांत जमलेल्या ऋणविद्युत्तेचें **ब** पत्र्यांतील धनविद्युत्तेवर आकर्षक कार्य घडेल; आणि **ब** पत्र्याच्या दोहों बाजूंवर धनविद्युत् सारखी पसरली न राहतां त्याच्या आंतल्या **म** भागावर जास्त जमेल (आ० ५६ पहा). **ब** पत्र्याच्या बाहेरील भागावर

आ० ५६.



पूर्वीच्या इतकी विद्युत् न राहिल्यामुळें तेथील विद्युत्तेचा जोर कमी होऊन **ब** पत्रा लाविलेल्या खांबावरील **वे** विद्युल्लंबक कमी दूर जाईल, आणि **अ** पत्र्याच्या खांबावरील **ओ** विद्युल्लंबक तर मुळींच प्रतिसारित होणार नाहीं. कारण तेथील सर्व प्रतिसारित विद्युत् सांखळीनें जमिनींत जात आहे. याकरितां **ब** पत्र्यांत विद्युद्यंत्रांतील आणखी जागृति जाऊं शकेल, आणि वर सांगितल्याप्रमाणें तिच्या प्रवर्तक कार्यानें **अ** पत्र्यांतील

आणखी नवी उदासीन विद्युत् पृथग्भूत होईल. तेणेंकरून **अ** पत्र्याच्या आंतील **न** बाजूवर आणखी ऋणविद्युत् जमेल, आणि तिच्या आकर्षक कार्यामुळें **ब** पत्र्याच्या आंतील **म** बाजूवर आणखी धनविद्युत् जमेल. विद्युद्यंत्रांतून जी दर वेळीं **ब** पत्र्यांत जागृति जाते, तिजपैकीं फक्त कांहीं प्रमाणानें मात्र **ब** पत्र्याच्या आंतील **म** बाजूवर जाते. आणि बाकी त्याच्या बाहेरील **प** बाजूवर राहते. ह्मणून **ब** पत्र्याच्या **प** बाहेरील बाजूवरील विद्युल्लतेचा जोर वाढत जाऊन यंत्राच्या वाहकांतील विद्युल्लतेच्या जोराबरोबर होऊं शकतो. असें झालें ह्मणजे समतोलन होऊन यंत्रांतील विद्युत् पत्र्यांत जाण्याची परमावधीची मर्यादा होईल; आणि याहून जास्त जागृति पत्र्यांत जाऊं शकणार नाहीं. आतां **म** आणि **न** या दोन्ही पत्र्यांच्या आंतील बाजूंवर जमलेली विद्युत् फार असते, तरी **अ** पत्रा नसतां **ब** पत्र्यावरील विद्युल्लंबक जितका फांकला होता, तितकाच फांकला राहतो, आणि जास्त फांकत नाहीं. यावरून **ब** पत्र्याच्या **प** बाहेरील बाजूवरच्या विद्युल्लतेचा जोर पूर्वीच्या इतकाच ह्मणजे यंत्राच्या विद्युल्लतेच्या जोराइतकाच असतो.

याप्रमाणें संचायकास जागृत करून दोन विजातीय विद्युल्लतांस आंतील बाजूंवर जमविलें, आणि **अ** पत्र्यास जमिनीस जोडणारी तार काढून टाकिली, तरी **अ** पत्र्याची फक्त आंतील बाजूच ऋणविद्युल्लतेनें जागृत राहते (आ० ५६ पहा), आणि बाहेरील बाजू उदासीन असते व **अ** लंबक फांकत नाहीं. **ब** पत्र्याचा विद्युद्यंत्राशीं संगम तोडला तरी त्याच्या दोहों बाजूंवर जागृति असते, परंतु ती सारखी नसते. त्याच्या आंतल्या बाजूवर मात्र विद्युत् संचित व बद्ध झालेली असते, आणि बाहेरच्या **प** बाजूवर थोडी ह्मणजे यंत्राशीं संबंध तोडला, त्या वेळीं यंत्राच्या वाहकांत जेवढी होती, तेवढीच मोकळी असते. याकरितां **ब** पत्र्यास लाविलेला **ब** लंबक थोडा फांकतो; परंतु **अ** पत्र्याचा लंबक मुळींच फांकलेला नसतो (आ० ५५ पहा). आतां जर दोहों पत्र्यांस कांचेच्या तावदानापासून दूर नेत गेलें, तर दोन्ही लंबक फांकतात (आ० ५६ पहा). याचें कारण असें कीं, पत्रे दूर गेल्यानें अंतर वाढतें व त्यामुळें पत्र्याच्या आंतील बाजूंवरील विजातीय विद्युल्लतांचें परस्पर आकर्षक कार्य नाहींसें होतें, ह्मणून **ब** पत्र्याच्या दोहों बाजूंवर धनविद्युत्

ह्या होत:—(१) विद्युत् उत्पन्न करणाऱ्या यंत्राशीं जोडलेला एक वाहक पृष्ठभाग, (२) पृथ्वीशीं जोडलेला दुसरा वाहक पृष्ठभाग, आणि (३) या दोहोंस अलग ठेवणारा दोहोंमध्यें एक विद्युत्स्थापक पदार्थ. या तीन गोष्टी कोणत्याही रीतीनें एकत्र झालेल्या असल्या तरी संचायक बनतो. जसें:- विद्युद्यंत्र चालत असतां यंत्राच्या मुख्य वाहकापासून नियमित अंतरावर बोटाचें पेर धरिलें, ह्मणजे वाहकापासून पेराकडे ठिणग्या जातात. परंतु यंत्राचा वेग कायम असतां ठिणग्या वरचेवर येण्याचें मान अंतरावर अवलंबून असतें. या ठिकाणीं यंत्राच्या प्रत्येक फेऱ्यानें वीज एकसारखी उत्पन्न होते. परंतु जेव्हां ती बरीच जमते, तेव्हांच बोटाचें पेर व यंत्राचा वाहक या दोहोंमध्यें जो हवेचा थर आहे, त्यांतून वाहकांतील धनविद्युत् आणि पेरांतील ऋणविद्युत् यांचा संयोग होऊन ठिणगी उत्पन्न होते. येथें यंत्राचा मुख्य वाहक हें विद्युल्लतेचें उत्पत्तिस्थान असतें. बोटाचें पेर हा जमिनीस जोडलेला वाहक असतो, आणि दोहोंमधील हवेचा थर हा त्यांमधील अवाहक किंवा विद्युत्स्थापक पदार्थ असतो.

४५. मंदसंयोग व शीघ्रसंयोग:—अ आणि **ब** हे पत्रे कांचेस लागलेले असतां त्यांचा जमिनीशीं व यंत्राशीं संगम तोडिला, तर संचायकास दोन रीतींनीं **निर्जागृत** ह्मणजे **उदासीन** करितां येतें:—(१) मंदसंयोगानें, आणि (२) क्षणिक किंवा शीघ्रसंयोगानें. सावकाश निर्जागृत करणें झाल्यास ज्या **ब** पत्र्यांत जास्त विद्युत् आहे, त्यास बोट लाविलें ह्मणजे ठिणगी येते, आणि त्याच्या **प** या बाहेरल्या बाजूवरील सर्व वीज जमिनींत जाते; **ब** लंबक खालीं पडतो, आणि **अ** लंबक फांकतो. कारण **ब** पत्र्याच्या बाहेरच्या बाजूवरील बद्ध नसलेली विद्युत् गेली, आणि **अ** पत्र्यावरील ऋणविद्युतेच्या आकर्षक कार्यानें बद्ध केलेली **ब** पत्र्याच्या फक्त **म** बाजूवर मात्र विद्युत् राहिली. परंतु याप्रमाणें **ब** पत्र्यांत राहिलेली विद्युत् **अ** पत्र्यांतील विद्युतेपेक्षां कमी असते, ह्मणून **अ** पत्र्यावर आतां बंधमुक्त अशी कांहीं विद्युत्

असते; यामुळें **अं** लंबक फांकतो. आतां जर **अ** पत्र्यास बोट लाविलें, तर ठिणगी येते, आणि **अं** लंबक पडतो, परंतु **बं** लंबक फांकतो. याप्रमाणें दोन्ही पत्र्यांस आलटून पालटून स्पर्श करीत गेल्यानें घडत जातें. या रीतीन पत्र्यांतील विद्युत् सावकाश जाते. हवा अगदीं शुष्क असली, तर या रीतीनें संचायकास निर्जागृत करण्यास कित्येक तास लागतात. **ब** पत्र्यास प्रथम बोट न लावितां जर **अ** पत्र्यास लाविलें, तर ठिणगी येत नाहीं. कारण **अ** पत्र्यांतील सर्व विद्युत् **ब** पत्र्यांतील विद्युल्लतेनें बद्ध असते. या आलटून पालटून स्पर्श करण्याच्या रीतीनें संचायकांतील सर्व विद्युत् अगदीं घालविण्यास शास्त्रदृष्ट्या अनंत वेळ असा स्पर्श करावा लागेल.

क्षणिक संयोगानें संचायकास निर्जागृत करणें झाल्यास एक हात एका पत्र्यावर ठेवावा, व दुसऱ्या हातानें दुसऱ्या पत्र्यास स्पर्श करावा. म्हणजे फार मोठा धक्का बसून दोहों विद्युल्लतांचा शरीरांतून तत्काळ संयोग होतो. साध्या विद्युद्यंत्राच्या वाहकास स्पर्श केल्यानें जो धक्का बसतो, त्याहून हा फार मोठा असतो. असा धक्का न बसतां संचायकास निर्जागृत करण्याकरितां **निर्जागृतक** दांड्याचा उपयोग करितात. दोन जाड पितळेच्या तारा फिरकीनें एका बाजूस जोडून हा निर्जागृतक केलेला असतो. या तारा वांकविलेल्या असून त्यांच्या दुसऱ्या टोंकावर बोंडें असतात. हा निर्जागृतक आकृति ५८ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें हातांत धरून त्याचें एक बोंड एका पत्र्यास लाविलें, व दुसरें बोंड वांकवून दुसऱ्या पत्र्याजवळ नेलें, तर त्यास स्पर्श होते वेळीं ठिणगी येते, व ती ठिणगी संचायकांतील दोन्ही संचित विद्युल्लतांच्या संगमामुळें उत्पन्न होते. या रीतीनें धक्का बसत नाहीं; कारण शरीरापेक्षां धातु चांगला वाहक असल्यामुळें प्रयोगकाराच्या शरीरांतून व बाहूंतून दोहों विद्युल्लतांचा संयोग न होतां निर्जागृतकाच्या कमानींतून परस्पर संयोग होतो. **निर्जागृतक** बहुधा कांचेच्या दांड्यावर किंवा मुठीवर बसविलेला असतो.

४६. संचायकांतील जागृतीचें परिमाण. विशिष्ट प्रवर्तक शक्तिः—संचायकाच्या प्रत्येक पत्र्यांत जी विद्युत् संचित होते, तिचें परिमाण बाकी गोष्टी समान असतां वाहकांतील विद्युल्लतेच्या जोराच्या व पत्र्यांच्या पृष्ठभागांच्या प्रमाणांत असतें; आणि दोहों पत्र्यांमधील विद्युत्स्थापक पत्रा जसा

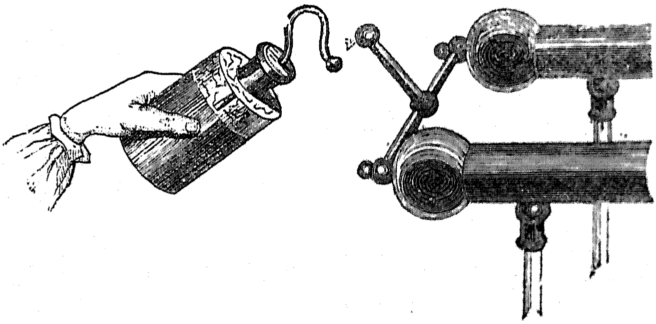
निरनिराळ्या
शिष्ट प्रवर्तकशक्ति असें ह्मणतात. ही शक्ति विद्युत्स्थापक धर्मापासून अगदीं भिन्न असते. दोन धातूंच्या पत्र्यांमध्यें विवक्षित जाडीचा हवेचा थर ठेवून एक संचायक केला, व तेवढ्याच जाडीची गटापर्चाची वडी दोहों पत्र्यांमध्यें घालून दुसरा संचायक केला, व त्या दोहोंस सारख्या मानाची विद्युत् निघणाऱ्या यंत्रानें जागृत केलें, तर दुसऱ्या संचायकापेक्षां पहिल्यांत चौपट विद्युत् संचित होते. याचा अर्थ असा झाला कीं, गटापर्चाचा विद्युत्स्थापक थर हवेच्या चौपट जाड असला तर त्यानें हवेच्या इतकी विद्युत् संचित होईल.

ज्या परिमाणाची विद्युत् संचित करितां येईल, तिची मर्यादा किंवा सीमा दोन कारणांवर अवलंबून असतेः– (१) संचायक पत्र्यावरील विद्युल्लतेचा जोर क्रमाक्रमानें वाढत जातो, आणि यंत्राच्या विद्युल्लतेबरोबर होतो, आणि असें झालें ह्मणजे यंत्रांतून संचायक पत्र्यांत विद्युत् जाऊं शकत नाहीं; (२) दोन विजातीय विद्युल्लतांचा संयोग होण्यास मधील विद्युत्स्थापक पत्र्याचा जो प्रतिबंध होतो, तो अपूर्ण असतो; ह्मणून मधील विद्युत्स्थापक पत्र्याच्या प्रतिबंधाहून दोहों विद्युतांचा संयोग पावण्याचा जोर जास्त झाला, ह्मणजे मधील पत्र्यास भोंक पाडून त्या एकत्र होतात.

४७. विद्युद्घटः—साधारण आकाराचा विद्युद्घट कोणत्या तरी सोयीच्या अशा आकाराच्या कांचेच्या कुपीचा केलेला असतो. याची आंतील बाजू कथलाच्या वर्खानें मढविलेली असते, किंवा तांब्याच्या अगर सोन्याच्या पातळ वर्खांनीं भरलेली असते. मानेपासून कांहीं अंतरापर्यंत बाहेरील बाजूही कथलाच्या वर्खानें मढविलेली असते. कुपीच्या तोंडास एक बूच असतें व त्या बुचांतून पितळेची एक सूत ह्मणजे $\frac{1}{8}$ इंच जाडीची तार घातलेली असते. त्या तारेच्या बाहेरच्या टोंकावर पितळेचें बोंड असतें, व आंतल्या टोंकास एक सांखळीचा तुकडा लाविलेला असतो. त्यानें आंतल्या वर्खाशीं बोंडाचा संयोग होतो.

करितात. कुपी हातांत धरून तिचें बोंड यंत्राच्या वाहकाजवळ नेलें (आ० ५७ पहा), आणि यंत्र चालू केलें, ह्मणजे धनविद्युत् आंतल्या कवचावर जमते,

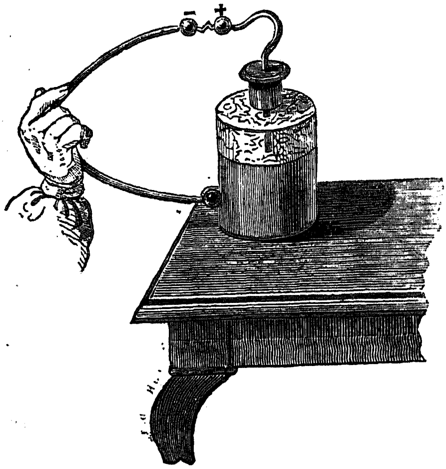
आ० ५७.



आणि ऋणविद्युत् बाहेरच्या कवचावर जमते. जर बोंडानें कुपी धरून कुपीचें बाह्यकवच यंत्राच्या वाहकाजवळ नेलें, तर बाह्यकवचांत धनविद्युत् आणि अंतर्कवचांत ऋणविद्युत् जमते. आ० ५६ मधील संचायकांत ज्याप्रमाणें विद्युत् जमली, त्याचप्रमाणें कार्य घडून घटांत विद्युत् जमते. ह्मणून संचायकाविषयीं जें वर सांगितलें तें सर्व घटास लागू होतें. फक्त संचायकाच्या **अ** आणि **ब** या पत्र्यांच्या जागीं घटाचीं अंतर व बाह्यकवचें घ्यावयाचीं.

दुसऱ्या कोणत्याही संचायकाप्रमाणें विद्युद्घटांतील जागृतीही सावकाश किंवा एकदम घालवितां येते. एकदम जागृति घालविणें झाल्यास घट बाह्यकवचानें हातांत धरून साध्या निर्जागृतकानें (आ० ५८ पहा). दोहीं कवचांचा संयोग करावा, ह्मणजे तत्काळ दोहीं विद्युल्लतांचा निर्जागृतकाच्या तारेंतून परस्पर संयोग होऊन घट निर्जागृत होतो. मात्र निर्जागृतकानें घटाच्या बाह्यकवचास प्रथम स्पर्श करावा. नाहीं तर बराच चांगला धक्का बसतो. कारण बाह्यकवच शरीराच्या योगानें जमिनीशीं जोडलेलें असतें, ह्मणून अंतर्क-

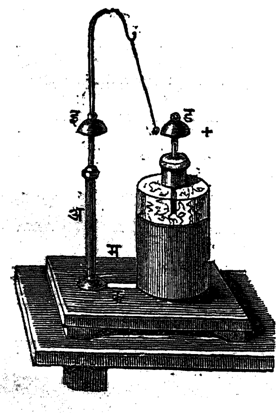
आ० ५८.



वचास जोडलेल्या बोंडास निर्जागृतक लावतांच दोहों विद्युत्तांचा शरीरांतून संयोग होऊन धक्का बसतो. घटास सावकाश निर्जागृत करणें झाल्यास जागृत घटास विद्युत्स्थापक पत्र्यावर ठेवून हातानें किंवा धातूच्या वाहकानें प्रथमतः अंतर्कवचास व नंतर बाह्यकवचास याप्रमाणें स्पर्श करीत जावें. ह्मणजे दर वेळीं प्रत्येक कवचांतील बंधनमुक्त विद्युत् निघून जाऊन लहानशी ठिणगी दिसेल.

आ० ५९ मध्यें घटास आपोआप सावकाश निर्जागृत करण्याचा चमत्कारिक प्रयोग दाखविला आहे. घटाच्या बुचांतील तारेवर एक लहानशी **ड** घंटा बसविली आहे; आणि बाह्यकवच एका उभ्या धातूच्या बैठकीस जोडलेलें आहे. या बैठकीवर घटाच्या घंटेइतकी उंच व तिच्या समोर तेवढीच दुसरी **इ** घंटा बसविली आहे. दोहों घंटांमध्यें रेशमी दोऱ्यानें एक पोकळ पितळेचा मणी **इ** घंटेच्या माथ्यावर तार बसवून तिला टांगिला आहे. असला घट नेहमींच्या रीतीप्रमाणें जागृत करून **म** या बैठकीवर ठेवितात. जागृत घटाच्या अंतर्कवचावर कांहीं बंधमुक्त अशी विद्युत् असते.

आ० ५९.



त्या विद्युल्लतेनें मधला मणी आकर्षिला जाऊन लागलाच प्रतिसारित होतो. प्रतिसारित झाल्यावर तो दुसऱ्या घंटेवर आदळतो; व तेणेंकरून त्यांतील धनविद्युत् इ घंटेंतील ऋणविद्युल्लतेशीं संयोग पावून मणी निर्जागृत होतो; निर्जागृत झाल्यावर पुनः घटावरील पहिल्या घंटेनें आकर्षिला जातो; व पुनः प्रतिसारित होऊन निर्जागृत होतो. कारण प्रतिसारित मण्यानें बाह्यकवचांतील कांहीं ऋणविद्युत् जाते व यामुळें अंतर्कवचांत पुनः बद्धमुक्त अशी जास्त धनविद्युत् राहते. याप्रमाणें एकसारखा कांहीं वेळ क्रम चालून हवा शुष्क असली, व घट बराच मोठा असला ह्मणजे तास दीड तास एकसारखा घंटानाद होत राहतो.

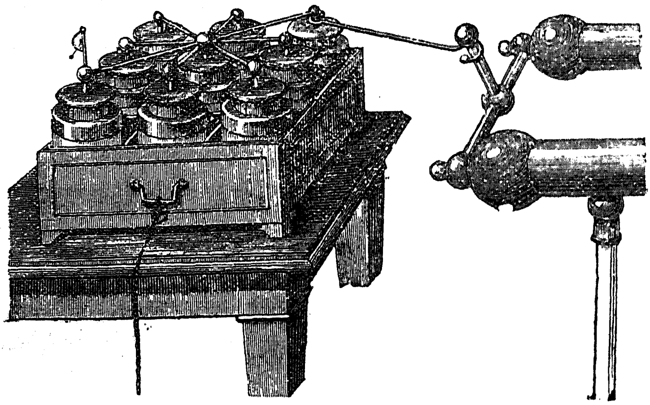
विद्युत्घटास निर्जागृत करून कांहीं वेळ राहूं दिलें, ह्मणजे घटास पुनः एक वेळ निर्जागृत करितां येतें. घटास निर्जागृत केल्यावर घटांत जी **शेष-जागृति** राहते, तिजमुळें असें घडतें. पुनः निर्जागृत केल्यावर पुनः दुसऱ्या वेळींही पहिल्यापेक्षां कमी अशी शेषजागृति राहते. आणि याप्रमाणें तीन किंवा चार वेळ विद्युत्घटास निर्जागृत करितां येतें. जागृत केलेला घट फार वेळ राहिला असला, तर शेषजागृति जास्त असते. याशिवाय या शेषजागृतीचें परिमाण घटाच्या जागृतीच्या परिमाणावर अवलंबून असतें; आणि मधील विद्युत्स्थापक पत्र्याशीं विद्युत्घटाचे पत्रे ज्या मानानें अगदीं निकट असतील त्यावरही अवलंबून असतें. मधील विद्युत्स्थापक पत्र्यांत कांहीं विद्युल्लतेचा प्रवेश होत असावा व ती विद्युत्घटास प्रथमतः निर्जागृत केलें ह्मणजे एकदम पृष्ठभागीं येत नसावी असें दिसतें.

४८. विद्युद्घटमालाः—विद्युद्घटांत जी जागृति जमते, तिचें मान मढविलेल्या पृष्ठभागाच्या क्षेत्रावर अवलंबून असतें, आणि दोहीं बाह्यक कवचांमधील विद्युत्स्थापक पत्रा थोड्या जाडीचा असतो, तेव्हां त्या विद्युत्स्थापक पत्र्याच्या जाडीच्या व्युत्क्रमप्रमाणांत जागृति असते. ह्मणून जसा घट मोठा व पातळ असेल, त्याप्रमाणें त्यांत जास्त जागृति जमते. परंतु फार मोठे घट करण्यास खर्च जास्त येतो, व ते अवजड घट फुटण्याचें भय असतें. आणि जर ते पातळ असले, तर संचित विद्युल्लतांचा कांचेमधून आपोआप संयोग घडून कांच फुटण्याचेंही भय असतें. जर कांच सर्वत्र सारख्या घटनेची

नसली तर असें हटकून घडतें. साधारणतः विद्युद्घटांचा मढविलेला पृष्ठभाग अर्ध्या चौरस फुटापासून तीन चौरस फुटांपर्यंत असतो. याहून जास्त जोराची जागृति संचित करण्यास विद्युद्घटमालेचा उपयोग करितात.

अनेक विद्युद्घटांस परस्पर जोडून विद्युद्घटमाला केलेली असते. सर्व घटांचीं बाह्यकवचें व अंतर्कवचें परस्परांस जोडलेलीं असतात (आ० ६० पहा).

आ० ६०



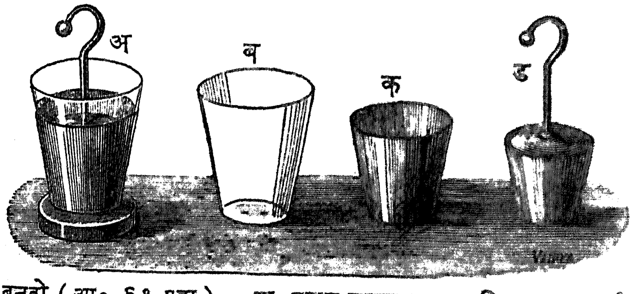
हे घट कथलाच्या वर्खानें मढविलेल्या बुडाच्या लांकडी पेटींत नेहमीं ठेवितात, आणि हा बुडावरचा वर्ख पेटीच्या बाजूंत बसविलेल्या धातूच्या दोन मुठींस जोडलेला असतो. या बुडावरच्या वर्खावरच घट ठेविले असल्यानें त्यांचीं बाह्यकवचें आयतींच परस्पर जोडलीं जातात. अंतर्कवचें धातूच्या जाड तारांनीं परस्पर जोडलेलीं असतात. अशा मालेस जागृत करणें झालें ह्मणजे अंतर्कवचें विद्युद्यंत्राच्या मुख्य वाहकास जोडितात, आणि बाह्यकवचें पेटीच्या बाजूवरील मुठीस सांखळी लावून जमिनीशीं जोडितात. एका घटावर पादविद्युन्मापक बसविलेलें असतें. त्याच्या योगानें मालेंत किती जागृति आली, हें समजतें. मालेंत जरी पुष्कळ विद्युत् जमते, तरी विद्युन्मापकाची गोटी फार फांकत नाहीं. कारण अंतर्कवचावर जी बंधमुक्त विद्युत् असेल, तेवढ्यानेंच ती फांकते. घटांची संख्या बहुधा सहा किंवा नऊ असते. जसजसे घट मोठे असतील,

आणि त्यांची संख्या जास्त असेल, त्याप्रमाणें मालेस जागृत करण्यास फार वेळ लागतो, व तिचे परिणामही त्या मानानें फार जोराचे घडतात.

मालेस निर्जागृत करावयाचें असतें, तेव्हां अंतर व बाह्यकवचांस निर्जागृतकानें जोडून करावें. मालेस निर्जागृत करितांना बाह्यकवचास प्रथम स्पर्श करण्यास कधींही विसरतां उपयोगी नाहीं; व तिला निर्जागृत करिते वेळीं आपल्या शरीरांत दोहों विद्युतांचा संगम होऊं नये याकरितां फार जपावें लागतें. कारण मोठ्या मालेच्या धक्क्यानें भयंकर अपघात होतात; व त्यापासून मरणही येतें. मोठी विद्युद्घटमाला हातानें निर्जागृत करण्याच्या भरीस कधीं पडूं नये.

४९. विद्युद्घटाचे अवयवः—विद्युद्घटांत धातूच्या दोहों कवचांमध्यें कांचेसारखा जो विद्युत्स्थापक पदार्थ असतो, तोच अत्यंत महत्वाचा असून त्याच्या दोहों बाजूंवर दोन्ही जागृति एकमेकांच्या आकर्षणानें चिकटून व जमून राहिलेल्या असतात, आणि घटाच्या आंतील व बाहेरील धातूच्या कवचांवर मुळींच नसतात. ही गोष्ट विच्छिन्न विद्युद्घटाच्या प्रयोगानें उघड करितां येते. विच्छिन्न घटांत **ब** हा एक कांहींसा शंकाकार कांचेचा पेला असतो, व याच्या बाहेर व आंत बरोबर बसणारीं पेल्याच्या आकाराचींच कथलाच्या पत्र्याचीं दोन कवचें असतात. **ब** कांचेचा पेला **क** कथलाच्या पेल्यांत घातला, व **ब** पेल्यांत **ड** पेला घातला, म्हणजे पूर्ण विद्युद्घट

आ० ६१.



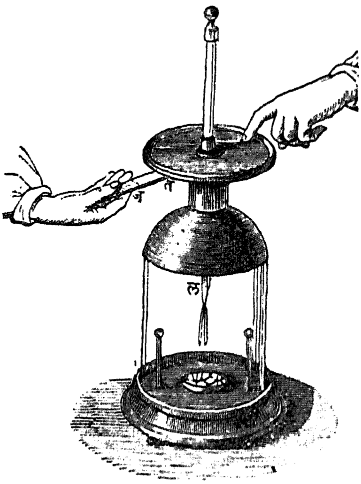
अ बनतो (आ० ६१ पहा). या घटास जागृत करून विद्युत्स्थापक वडीवर

ठेविलें, आणि आंतील पेला हातानें किंवा कांचेच्या दांड्यानें किंवा रेशमी दोऱ्यानें प्रथमतः बाहेर काढिला, व नंतर कांचेचा पेला बाहेर काढिला, तर धातूच्या पेल्यांत कांहीं जागृति असल्याचें आढळत नाहीं; आणि स्पर्शानें यदाकदाचित् कांहीं आली असली, तर ती फारच थोडी असते. आणि त्यांस जमिनीवर ठेविलें ह्मणजे ते कथलाचे पेले अगदीं स्वाभाविक स्थितींत येतात. तत्राप आकृतींत **अ** ठिकाणीं दाखविल्याप्रमाणें **ब, क, ड** भागांस एकत्र केलें ह्मणजे **क, ड** कवचें मुळींच वेगळीं केलीं नसतां जेवढा धक्का बसला असता, तेवढा धक्का बसतो. यावरून असें सिद्ध होतें कीं, धातूच्या कवचांचा मुख्यत्वेंकरून वाहकांसारखा उपयोग होतो. त्यांच्या योगानें कांचेच्या पृष्ठभागावर विद्युल्लता सर्वत्र सारखी पसरते; व कांचेच्या दोन्ही बाजू दोन ध्रुव होतात, व घटास टेबलावर ठेविलें तरी त्याच्या अंगीं ही स्थिति राहते.

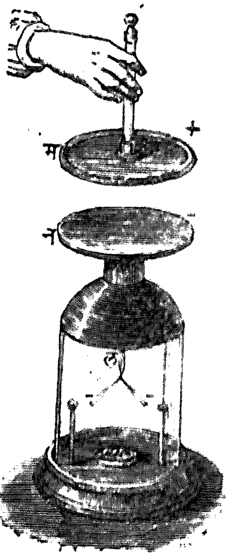
एक लहानसें कांचेचें भांडें घेऊन त्यांत पारा भरावा, व तें पारा असलेल्या दुसऱ्या पेल्यांत ठेवावें; ह्मणजे ज्याचीं आंतील व बाहेरील कवचें पाऱ्याचीं आहेत, असा विद्युद्घट होतो, व त्यानें विद्युद्घटाचा प्रयोग करितां येतो. या घटास जागृत करून कांचेच्या भांड्यांतील पारा सभोंवतालच्या पाऱ्यांत ओतून मिसळला, व पुनः कांचेच्या भांड्यांत ओतून विद्युद्घट केला, तर त्या घटांत जागृति असल्याचें स्पष्ट दिसून येतें. यावरून जागृति कांचेच्या बाहेरील व आंतील बाजूंवर असतात हें उघड आहे.

५०. संचायक विद्युद्दर्शकः—साध्या सुवर्णपत्र विद्युद्दर्शकास हें तत्व लागू करून **व्हाल्टा** यानें या यंत्रास जी अतिशय सूक्ष्मता आणिली, त्याचें वर्णन करून हें संचायकाचें वर्णन पुरें करूं (आ० ६२।६३ पहा). विद्युद्दर्शकाच्या ज्या तारेस सोन्याच्या वर्खाच्या पट्ट्या लाविलेल्या असतात, त्या तारेच्या दुसऱ्या टोंकावर बोंड नसून वाटोळा पत्रा बसविलेला असतो. तेवढ्याच आकाराचा त्यावर बसणारा दुसरा पत्रा असून त्यास विद्युत्स्थापक अशी कांचेची मूठ असते. दोन्ही पत्र्यांवर मद्यार्कात लाख वितळवून त्याचा लेप दिलेला असतो. अगदीं सूक्ष्म विद्युज्जागृति या यंत्रानें समजण्याकरितां ज्या पदार्थांची जागृति पाहणें असेल, तो पदार्थ कुपीच्या माथ्यावरील संचायक पत्र्यास

आ० ६२.



आ० ६३.



लावितात, आणि त्यावर ठेविलेल्या दुसऱ्या पत्र्यास बोट लावून त्यास जमिनीशीं जोडितात. पदार्थाच्या स्पर्शानें जी जागृति कुपीवरच्या पत्र्यांत पसरते, तिचें व्हारनिसामधून वरच्या पत्र्यांतील उदासीन विद्युद्रवावर प्रवर्तन घडून विजातीय विद्युत् आकर्षिली जाते व सजातीय विद्युत् प्रतिसारित होते. ही प्रतिसारित झालेली विद्युत् बोटाच्या द्वारें शरीरांतून जमिनींत जाते. याप्रमाणें **एपिनस** याच्या संचायकांतल्याप्रमाणें दोन विजातीय विद्युत् दोहों पत्र्यांवर जमतात. परंतु दर्शकाचे वर्ख अद्याप फांकत नाहींत कारण दोन्ही विद्युत् परस्परांकडे आकर्षिल्या जातात. आतां वरच्या पत्र्यावरील बोट काढिलें, आणि नंतर खालच्या पत्र्यास लाविलेला जागृत पदार्थ काढिला, तरी दर्शकाचे वर्ख फांकत नाहींत. परंतु वरचा पत्रा उचलला (आ० ६३ पहा) म्हणजे दोहों विद्युल्लतांचें परस्पर बंधन नाहींसें होऊन प्रत्येक पत्र्यांतील विद्युत् बंधमुक्त झाल्यामुळें पत्र्याच्या तारेंत व वर्खांत पसरते आणि पत्रे फांकतात. या यंत्रानी

सूक्ष्मता वाढविणें झाल्यास यंत्राच्या बैठकीवर दोन धातूचे दांडे बसविलेले असतात, व त्यांस जमिनीशीं जोडलेलें असून त्यांच्या माथ्यावर लहान बोंडें असतात. हीं बोंडें सोन्याच्या वर्खाच्या प्रवर्तनानें विद्युज्जागृत होऊन वर्खावर उलट कार्य करितात, व तेणेंकरून वर्खास आकर्षिल्यामुळें वर्खे जास्त फांकतात.

प्रकरण ५ वें.

संचितविद्युल्लतेचे अनेक परिणाम.

५१. विद्युत्संयोगाचे परिणामः—विद्युल्लतेच्या ठिणग्या दिसतात तेव्हां दोहों विद्युल्लतांचा संयोग होतो. तो संयोग अविरत ह्मणजे एकामागून एक असा एकसारखा किंवा एकदम होतो. अविरत संयोग होतो, तेव्हां तो प्रवाहरूपाचा असतो. रुळाच्या विद्युद्यंत्राच्या किंवा विमशर्ट याच्या यंत्राच्या दोन्ही वाहकांस सांखळीनें किंवा तारेनें जोडिलें, ह्मणजे असा **अविरत** संयोग होत राहतो; आणि जेव्हां जवळ जवळ असलेल्या दोन वाहकांच्या पृष्ठभागांवर दोन विजातीय विद्युल्लता जमतात, व मधील हवेच्या प्रतिबंधाचें अतिक्रमण करण्याजोगा त्यांच्या परस्पर आकर्षणाचा जोर होतो, तेव्हां एकच मोठी ठिणगी येऊन दोहों विद्युल्लतांचा **एकदम** संयोग होतो. हा एकदम किंवा अकस्मात् संयोग आणि अविरत संयोग या दोहोंमध्यें जातिवाचक भेद नसून केवळ परिमाणाचा मात्र भेद असतो. कारण अगदीं अवाहक असा पदार्थच नसतो; आणि सर्वांत उत्तम वाहक जे धातु त्यांचा सुद्धां विद्युल्लतेच्या गमनास थोडाबहुत प्रतिबंध होतो. तथापि अतिउत्तम वाहक आणि अतिमंदवाहक या दोहोंमध्यें इतका मोठा भेद असतो कीं, त्यापासून फार भिन्नभिन्न अशीं कार्यें घडतात.

विद्युद्घटास निर्जागृत केलें ह्मणजे धन आणि ऋण या दोन विद्युल्लतांचा न केवळ संयोग होऊन ठिणगी दिसते असें नसून, उलटसुलट दिशांनीं हेलकावे खाणाऱ्या प्रवाहमालिकेनें होतो. ज्या मंडलांतून संयोग होतो, त्या मंडलांतील प्रतिबंध जसा वाढेल त्याप्रमाणें त्या अपूर्ण संयोगांची संख्या कमी असते. परंतु मंडलांत एकादी ओली दोरी घेऊन फार प्रतिबंध वाढविला, तर उलट-सुलट संयोगांच्या जागीं एकच साधा संयोग होतो. ह्या विद्युत्संयोगाने जे परिणाम घडतात, त्यांचें खालीं लिहिल्याप्रमाणें वर्गीकरण करितां येतें.

(१) शारीरिक, (२) प्रकाशजनक, (३) उष्णताजनक, (४) यांत्रिक, (५) चुंबनीय, आणि (६) रासायनिक.

५२. शारीरिक परिणामः—जिवंत प्राण्यांवर किंवा जे नुकतेच मेले असतील अशा प्राण्यांवर शारीरिक परिणाम घडतात. जिवंत प्राण्याच्या चेतनाशक्तीवर विजेच्या योगानें फार जोराचा परिणाम घडतो; आणि ज्या स्नायूंमधून व शिरांमधून वीज जाते, त्या आंखडतात आणि मृतप्राण्याचे स्नायु जोरानें लटलट हालूं लागून जीव परत आल्यासारखें दिसूं लागतें.

विजेच्या योगानें जो धक्का घेतां येतो, त्याविषयीं मागें सांगितलेंच आहे (कलम ३४). जागृत केलेला विद्युद्घट बाहेरच्या कवचानें एका हातांत धरून दुसऱ्या हातानें अंतर्कवचास स्पर्श केला, ह्मणजे जो धक्का बसतो, तो फार जोराचा असतो; व त्याचीं लक्षणेंही विशेष प्रकारचीं असतात. लहानशा घटानें धक्का घेतला ह्मणजे कोपरांत मात्र धक्का बसतो. कार्टभर ह्मणजे साधा शेसाभर पाणी राहण्याजोग्या विद्युद्घटाचा धक्का घेतला ह्मणजे छातीपर्यंत पोंचतो. आणि याहून मोठ्या आकाराच्या घटाचा धक्का कोठ्यापर्यंत पोंचतो.

विद्युद्घटानें एकदांच पुष्कळ मनुष्यांस धक्का देतां येतो. याकरितां सर्वांनी क्रमेकांचे हात धरून एक सांखळी करावी (आ० ६४ पहा), आणि नंतर

आ० ६४.

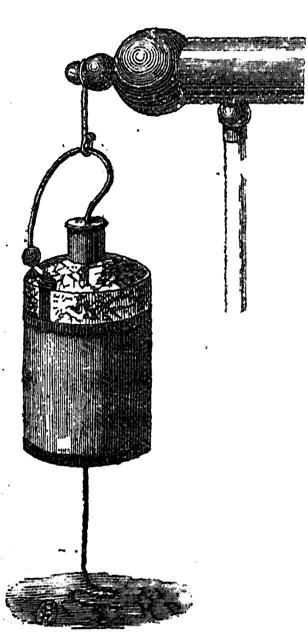


पहिल्या मनुष्यानें बाह्यकवचानें हातांत घट धरून शेवटल्या मनुष्यानें बोंडास बोट लाविलें, ह्मणजे सर्वांस एकदम धक्का बसतो. या धक्क्याचा जोर घटांतील जागृतीवर आणि धक्का घेणाऱ्या मनुष्यांच्या संख्येवर अवलंबून असतो. सांखळीच्या मध्यभागीं जे असतात, त्यांस कडेच्या मनुष्यांपेक्षां कमी जोराचा धक्का बसतो. **अबेनोलेट** यानें एकदा १५०० मनुष्यांच्या सर्व पलटणीस विद्युद्घटानें धक्का दिला होता, त्या वेळीं सर्वांस बाहू व खांद्यापर्यंत जोराचा धक्का मिळाला.

मोठे विद्युद्घट आणि घटमाला यांचे धक्के कधीं कधीं फार भयंकर व घातक असतात. ज्या विद्युद्घटमालेचा मढविलेला पृष्ठभाग ७ चौरस फूट आहे, अशा मालेनें उंदीर व घुशी यांस मारतां येतें; आणि ज्यांचा मढविलेला पृष्ठभाग ४½ चौरस यार्ड आहे, अशा मालेनें मांजरास मारितां येतें.

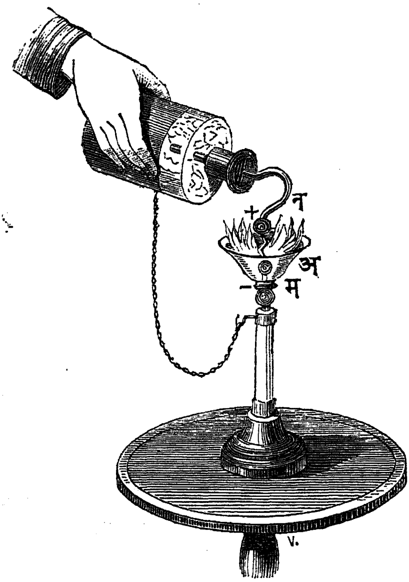
५३. प्रकाशजनक परिणाम. तेजोमय घटः—धन आणि ऋण विद्युल्लतांच्या संयोगापासून नेहमीं विद्युल्लतेचे प्रकाशजनक परिणाम घडतात. विजेचें आंडें व जादूचा पत्रा यांचें वर्णन करितांना या परिणामांपैकीं कांहींचा उल्लेख पूर्वींच करण्यांत आला आहे. येथें आणखी एका प्रयोगाचें वर्णन करूं. एक कांचेची कुपी घेऊन तिच्या बाहेरच्या बाजूस व्हार्निश लावितात, व त्यावर धातूचा भुका शिवरतात. बुडावर एक कथलाच्या पत्र्याची पट्टी किंवा वळें लावून तिला धातूची सांखळी लावितात, व हें बाह्यकवच जमिनीस सांखळीनें जोडितात. या बाह्यकवचाच्या वरच्या बाजूस आणखी एक पट्टी लाविलेली असते, आणि अंतर्कवचास जोडलेल्या तारेचें बोंड पट्टीपासून सुमारें पाऊण इंचावर राही, असें वांकवून जवळ आणलेलें असतें. कुपीची आंतील बाजू नेहमींप्रमाणें वर्खानें मढविलेली असते, व त्या कवचाशीं सांखळीनें तोंडांतील तारेचा संयोग केलेला असतो (आ० ६५ पहा). असा घट यंत्राच्या वाहकास टांगून यंत्र फिरविलें, म्हणजे अंतर्कवचास जोडलेलें बोंड आणि बाह्यकवचास जोडलेली पट्टी यांमध्यें मोठ्या व तेजःपुंज अशा ठिणग्या उत्पन्न होतात व तेणेंकरून कुपीचें सर्व बाह्यकवच प्रकाशित होतें.

आ० ६५.



५४. उष्णताजनक परिणामः—विजेच्या ठिणगीपासून प्रकाश पडून, शिवाय अत्यंत उष्णताही उत्पन्न होते. ईथर किंवा आल्कोहोल यांसारख्या ज्वालाग्राही द्रवांतून जेव्हां ठिणगी जाते, तेव्हां ती त्यांस पेटविते. हा प्रयोग करण्यास जी योजना करावी लागते, ती आ० ६६ मध्यें दाखविली

आ० ६६.



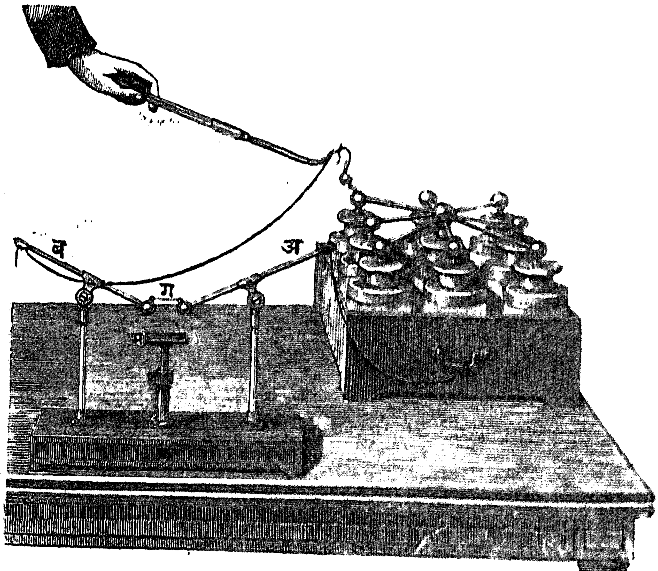
आहे. या यंत्रांत एक लहान कांचेचा **अ** पेला असून त्याच्या बुडांत एक बोंड असलेली जाड तार बसविलेली आहे. पेल्याच्या बाहेरच्या बाजूस याच तारेस एक आंकडा लाविलेला आहे. हा पेला एका कांचेच्या खांबावर बसवून विद्युत्स्थापित केलेला आहे. पेल्यांतील बोंड बुडेइतका त्यांत ज्वालाग्राही द्रव, उदाहरणार्थ ईथर भरावा. नंतर जागृत केलेला घट हातांत घेऊन घटाचें बाह्यकवच पेल्यांतील बोंडास आकड्यांच्या द्वारें सांखळीनें जोडावें, आणि अंतर्कवचास जोडलेलें बोंड द्रवाजवळ न्यावें, ह्मणजे दोहों बोंडांमध्यें जी ठिणगी उत्पन्न होते, तिनें द्रव पेटतो. ईथर किंवा कार्बान द्विसल्फाईड घेतल्यास प्रयोग चांगला साधतो. परंतु आल्कोहोल घेतल्यास त्यास प्रथम गरम करावें लागतें.

खनिज कोळशाच्या धुरासही विजेच्या ठिणगीनें पेटवितां येतें. कांचेच्या पायाच्या स्टुलावर उभें राहून मनुष्यानें आपला एक हात यंत्राच्या वाहकावर ठेविला, आणि यंत्र फिरविलें तर धातूच्या नळींतून निघणाऱ्या धुराच्या झोताजवळ दुसरा हात नेतांच हात व नळी यांमध्यें जी ठिणगी उत्पन्न होते, तिच्या योगानें वायु पेटतो. या रीतीनें हातांत दुसरा कोणताही वाहक किंवा बर्फाचा खडा धरूनही बर्फाच्या खड्यानें सुद्धां वायूस पेटवितां येतें; आणि याप्रमाणें प्रयोग अनेक रीतींनीं करितां येतो.

धातूच्या बारीक तारेंतून विद्युद्घटमालेच्या दोहों विद्युल्लतांचा संगम केला, तर तार शुभ्रोष्ण होते, आणि जर जागृति पुष्कळ जोराची असली, तर तार वितळून तिची वाफही होऊन जाते.

हा प्रयोग करण्याकरितां **हेन्लेचा** सर्वसाधारण निर्जागृतक या यंत्राचा उपयोग करितात. यास सर्वसाधारण ह्मणण्याचें कारण असें आहे कीं, विद्युत्संयोगाच्या शेंकडों प्रयोगांत याचा उपयोग होतो. या यंत्रांत **अ** आणि **ब** हे दोन पितळी आडवे दांडे कांचेच्या पायांवर बसवून विद्युत्स्थापित केलेले असतात (आ० ६७ पहा). हे दांडे खांबावर असे बसविलेले असतात कीं,

आ० ६७.



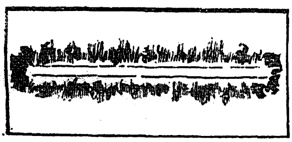
त्यांस पुढें मागें सारतां येतें, व एकमेकांपासून इच्छा तितक्या अंतरावर सरळ किंवा कलते ठेवितां येतें. या दांड्याच्या आंतील टोंकाबर बोंडें असतात व बाहेरच्या टोंकावर कांचेच्या मुठी असतात. यामुळें दांड्यांतून वीज खेळत असतांही त्यांस पुढें मागें सारतां येतें. या दोहोंमध्यें **म** ही एक

लहानशी फळी वर खालीं सरकवून हव्या तेवढया उंचीवर बसवितां येण्या-जोगी लांकडी खांबावर बसविलेली असते; व ज्यांतून ठिणगी घालवावयाची त्या पदार्थास या फळीवर ठेवितां येतें.

धातूची तार वितळवावयाची असेल तेव्हां तिला **ग** ठिकाणीं दोहों दांड्यांच्या बोंडास जोडितात. नंतर यांपैकीं एक दांडा सांखळीनें मोठ्या विद्युद्घटमालेच्या बाह्यकवचास जोडितात; आणि निर्जागृतकानें किंवा कांचेची मूठ असलेल्या दांड्यानें सांखळीच्या द्वारें दुसरा दांडा अंतर्कवचाजवळ आणितात (आ० ६७). ह्मणजे माला व बोंड यांमध्यें ठिणगी उत्पन्न होतांच तार बरीच बारीक असली तर ती तत्काळ शुभ्रोष्ण होते, किंवा कदाचित् वितळून तिची वाफ हवेंत उडून जाते. तार जाड असली तर फक्त लालभडक मात्र होते, परंतु वितळत नाहीं; आणि फार जाड असली तर ती प्रकाशमान न होतां फक्त उष्ण मात्र होते.

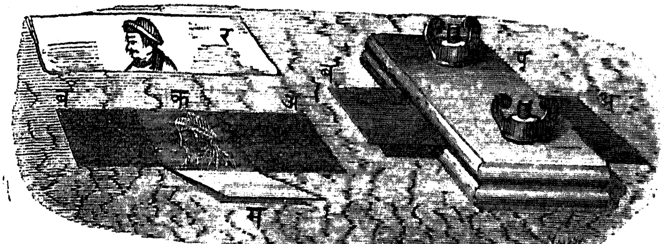
कांचेच्या तावदानावर कथलाच्या वर्खाची पट्टी ठेवून तिजमधून ठिणगी सोडली असतां पत्रा वितळल्यामुळें त्याच्या रसाच्या ज्या खुणा उमटतात, त्या आ० ६८ मध्यें दाखविल्या आहेत. हेन्लेच्या निर्जागृतकाच्या फळीवर दारू ठेवून त्यांतून ठिणगी सोडिली, तर दारू पेटत नाहीं. परंतु ती जिकडे तिकडे उडून जाते. परंतु मंडलांत जर ओल्या दोरीचा तुकडा घेतला, तर प्रतिबंध घडून ठिणगी जाते, व दारू पेटते. ओल्या दोरीसारख्या अर्धवट वाहक पदार्थातून वीज जात असतां तिला जो प्रतिबंध होतो, त्यामुळें दारू पेटते. कारण विजेची ठिणगी जितका काळपर्यंत राहील, त्या काळावर उष्णताजनक परिणाम अवलंबून असतो.

आ० ६८.



५५. विद्युल्लतेनें उठणारीं चित्रें:—विजेच्या ठिणगीनें धातूंची वाफ होऊन उडून जाते. या गोष्टीचा विजेच्या योगानें प्रतिमा उठविण्यास उपयोग करितात. याकरितां एक पातळ **अ ब म** या आकाराची गंजीफ घेऊन तिजवर जें चित्र उठवावयाचें असेल तें कातरतात (आ० ६९). नंतर कथ-

आ० ६९.



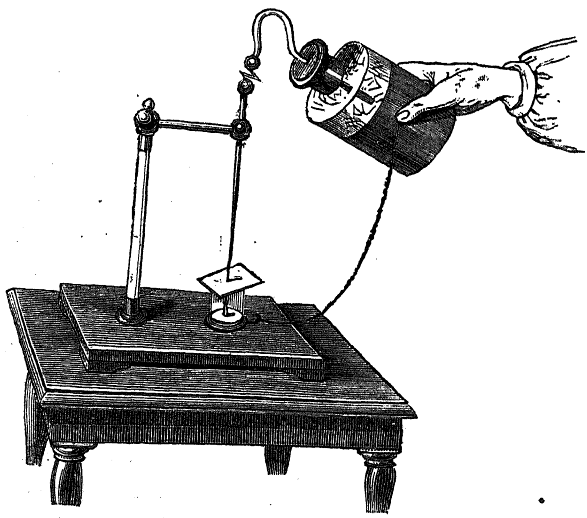
लाच्या वर्खाचें एक पान घेऊन गंजिफेच्या बाकी भागावर बसवितात. परंतु कातरलेल्या **क** ठिकाणीं मात्र बसवीत नाहींत. या कातरलेल्या भागावर सोन्याचा वर्ख बसवितात, व याचा दोहों बाजूंच्या **अ, ब** या कथलाच्या वर्खाशीं चांगला स्पर्श होई अशी काळजी घेतात. नंतर रेशमी कांठावर किंवा साटीनच्या तुकड्यावर गंजीफ ठेवून तिचा पुढें आलेला **म** तुकडा दुमडून सोनेरी वर्खावर घालतात. आणि गंजिफेस **प** या दाबणींत घालून दाबणीस तिच्या दोहों स्क्रूंनीं आंवळतात. ही दाबणी सर्वसाधारण निर्जागृतकाच्या फळीवर ठेवून, **अ, ब** या वर्खांतून ठिणगी सोडितात. कथलाचा वर्ख जाड असल्यामुळें वितळत नाहीं, परंतु सोन्याचा वर्ख पातळ असतो ह्मणून तो वितळून त्याची वाफ होते, व त्या वाफेचा रेशमी कपड्यावर गंजीफ कातरल्या ठिकाणीं तांबडा डाग पडतो, व तेणेंकरून **र** ठिकाणीं दाखविल्याप्रमाणें कातरलेल्या चित्राची हुबेहूब प्रतिमा उठते.

५६. यांत्रिक परिणामः—मंदवाहक पदार्थांतून खूब जोराची विजेची ठिणगी गेली, ह्मणजे मंदवाहकाचें एकाएकीं मोठें प्रसरण होतें, किंवा विदारण होतें, किंवा त्याचे तुकडे तुकडे होतात. कांचेस भोंक पडतें, लांकूड व दगड हे फुटतात, आणि वायु व द्रव हे फार जोरानें ढवळले जातात. असे हे घडणारे विजेचे यांत्रिक परिणाम अनेक प्रयोगांनीं दाखवितां येतात. सर्वसाधारण निर्जागृतकाच्या **म** या फळीवर ज्या पदार्थावर प्रयोग करणें आहे, त्यास ठेवून **अ, ब** दांड्यांचीं दोन्ही बोंडें त्यास दोहों बाजूंनीं लावितात. यामुळें फळीवर ठेवलेल्या पदार्थांतून ठिणगी गेल्याशिवाय बोंडांमधून ठिणगी जात नाहीं.

उदाहरणार्थ लांकडाच्या उभ्या हिरांतून ठिणगी जावी, अशा रीतीनें जर फळीवर एक लांकडी तुकडा ठेविला, व त्यांतून ठिणगी सोडिली, तर ठिणगी जातांच लांकडी तुकड्याचें विदारण होतें.

कांचेस किंवा गंजिफेस भोंक पाडण्याकरितां जी योजना करावी लागते, ती आकृति ७० मध्यें दाखविली आहे. एका बैठकीवर कांचेचा दांडा बसवून

आ० ७०.

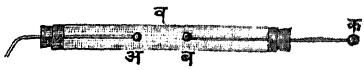


त्यावर एक आडवा काटकोनाकार दांडा बसविलेला आहे, व त्या दांड्याच्या टोंकावरील बोंडांतून एका बाजूस बोंड व दुसऱ्या बाजूस अणकुचीदार टोंक असलेली जाड तार बसविलेली आहे. कांचेचा तुकडा किंवा गंजीफ विद्युत्स्थापक अशा कांचेच्या बैठकीवर बसविलेली असून त्या बैठकींत दुसरी एक अणकुचीदार तार बसविलेली असते. विद्युज्जागृत घटाचें बाह्यकवच सांखळीनें या खालच्या तारेस जोडून घटाचें बोंड वरच्या तारेच्या बोंडाजवळ आणिलें म्हणजे दोहों बोंडांतून ठिणगी जाते. आणि कांच किंवा गंजीफ यांतून ठिणगी

जातांना कांचेस किंवा गंजिफेस भोंक पडतें. कांच फार पातळ असली तर मात्र एका घटानें भोंक पडतें. जाड असल्यास विद्युद्घटमाला द्यावी लागते.

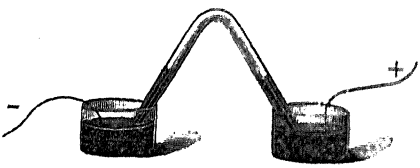
दोहों तोंडांनीं उघडा असा एक नळीचा तुकडा घेऊन त्याच्या दोहों तोंडांत दोन बुचें बसविलीं, व त्या बुचांतून बारीक बोंडें असलेल्या दोन तारा घातल्या, आणि नळींत पाणी भरून विद्युद्घटाची ठिणगी दोहों बोंडांमधून जाण्याजोगी सोडिली, तर पाण्यानें प्रसरण अशा जोरानें होतें कीं, नळी फुटून तिच्या ठिकऱ्या उड-तात (आ० ७१ पहा).

आ० ७१.

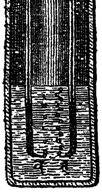


५७. रासायनिक परिणामः—विजेच्या ठिणगीच्या योगानें रासायनिक पृथक्करण व संयोगीकरण होतें. मागें आकृति **५१** मध्यें जो प्रयोग सांगितला, त्यांत विजेच्या ठिणगीनें रासायनिक संयोग होऊन पाणी कसें बनतें, तें सांगितलें. त्याचप्रमाणें आर्द्र हवा असलेली बांकडी नळी पाऱ्यांत ठेवून तिजमध्यें एकामागून एक अशा अनेक विजेच्या ठिणग्या सोडिल्या ह्मणजे हवेचा आकार कमी होतो. आणि तिजमध्यें निळा कागद घातला असतां लाल होतो. हें केवळ नळींत नैत्रिक आसिड बनल्यामुळें घडतें (आ० ७२ पहा).

आ० ७२.



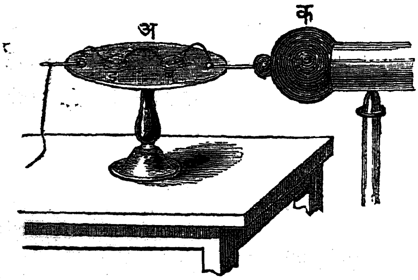
विजेच्या ठिणगीनें पाण्याचेंही पृथक्करण करितां येतें. हें पृथक्करण **उल्यास्टन** याच्या टोंकांनीं चांगलें करितां येतें. प्लाटिनम धातूच्या बारीक तारा केशाकृति नळ्यांमध्यें वितळवून हीं टोंकें केलेलीं असतात. हीं टोंकें अशीं कानसलेलीं असतात कीं, त्यांचें छिद्रमात्र द्रवास लागावें. असलें एक टोंक पाण्यांत घालून नळींतील पाऱ्याच्या व ड तारेच्या योगानें विद्युद्यंत्राच्या ज्या वाहकापासून धनविद्युत् मिळते, त्यास जोडतात; व दुसरें टोंक ड या तारेनें जमिनीशीं जोडतात. याप्रमाणें जोडून यंत्र फिरविलें, ह्मणजे ०.००१ मात्र



त्याच्या दुप्पट आकाराचा हैड्रोजन वायु दुसऱ्या ह्मणजे ऋणटोंकापासून निघतो (आ० ७३ पहा). हाच प्रयोग जर मोरचुदाचा द्रव घेऊन केला, तरी आक्सिजन धनटोंकापासून निघतो, आणि ऋणटोंकावर तांबें चढतें.

फारेडे याच्या प्रयोगानें क्षारांचें पृथक्करणही दाखवितां येतें. ज्या क्षाराचें पृथक्करण करणें आहे त्याच्या द्रवांत टिपण्याच्या कागदाच्या **ब, ड** या दोन चकत्या भिजवून **अ** टेबलावर ठेवितात (आ० ७४). त्या दोहों चकत्यांस

आ० ७४.



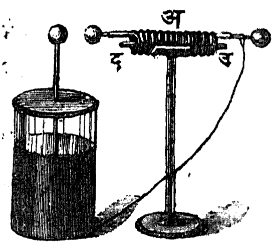
एका प्लाटिनमच्या तारेनें जोडून आणखी एका तारेच्या तुकड्यानें **ब** चकतीस विद्युद्यंत्राच्या वाहकास जोडितात व **ड** चकतीस जमिनीशीं जोडितात. सोडियम सल्फेटासारख्या उदासीन क्षाराचा द्रव असला, तर यंत्र चालू केलें, ह्मणजे त्याचें पृथग्भवन होतें, आणि **ब** कागदावर आसिड येतें, आणि तें लिटमसाच्या कागदानें ओळखतां येतें; आणि **ड** चकतीवर आल्केली जमते.

विजेपासून होणाऱ्या रासायनिक परिणामांत आझोन वायु उत्पन्न होतो, हेंही सांगणें अवश्य आहे. हा वायु त्याच्या चमत्कारिक वासावरून व रासायनिक धर्मावरून ओळखतां येतो. याचे रासायनिक धर्म आक्सिजनासारखेच असतात; परंतु त्याहून फार तीव्र असतात. विद्युद्यंत्र फिरवीत

असलें, आणि यंत्राच्या वाहकास लाविलेल्या टोंकांतून हवेंत वीज जात असली, ह्मणजे हा वास येतो. आक्सिजनाचेंच हें दुसरें रूप असून याचे धर्म त्याच्यासारखेच परंतु जास्त तीव्र असतात, असें समजलें आहे.

५८. चुंबनीय परिणामः—ज्या तारेंतून दोहों विद्युल्लतांचा संगम होतो, त्या वाहक तारेशीं काटकोनाकार तिला लावून किंवा तिजपासून थोड्या अंतरावर पोलादी तार ठेविली, आणि वाहक तारेच्या द्वारें एका मोठ्या विद्युद्घटास किंवा घटमालेस निर्जागृत केलें, तर पोलादी तारेंत चुंबकत्व येतें. आणि याहून कमी जोराच्या ठिणगीनें रेशमानें मढविलेल्या तांब्याच्या बारीक तारेच्या वेटाळ्यांत पोलादी कांब किंवा तार ठेवून तिला चुंबित करितां येतें (आ० ७५ पहा). मढविलेल्या बारीक तारेंतून विद्युत्घटाची ठिणगी

आ० ७५.



सोडिली ह्मणजे पोलादी कांब किंवा तार चुंबित होते. पोलादी कांबीभोंवतीं घड्याळाचे कांटे फिरतात, तसे एकाच दिशेंत तारेचे वळसे असले तर ज्या बाजूनें धनविद्युल्लता वेटाळ्यांत शिरते, तेंच कांबीचें टोंक दक्षिणध्रुव असतें. परंतु जर घड्याळाच्या कांट्याच्या उलट दिशेनें तारेचे वळसे असले, तर जेथून धनविद्युत् शिरते, तेथें उत्तरध्रुव असतो.

विजेच्या ठिणगीनें चुंबकास जे ध्रुव उत्पन्न होतात, ते ओळखण्याची अत्यंत सोईची रीत अशी आहे कीं, ज्या दिशेनें धनविद्युल्लता तारेंत जाते, त्या दिशेंत पायांतून धनविद्युत् शिरेल, असें मढविलेल्या तारेंत तारेकडे तोंड करून मनुष्य तारेवरून सरत आहे असें कल्पिलें, तर वेटाळ्यांतील कांबीचा उत्तरध्रुव नेहमीं त्याच्या डाव्या हाताच्या बाजूकडे असतो.

हा प्रयोग फार महत्वाचा आहे. कारण याच्या योगानें विद्युल्लतेच्या प्रवाहानें जे परिणाम होतात, त्यासारखेच विद्युद्घटाच्या ठिणगीनेंही उत्पन्न होतात हें समजतें.

आणि

वीज.

५९. मेघगर्जना आणि वीज हे विद्युल्लतेचे परिणाम आहेतः— जेव्हां सृष्टिशास्त्रवेत्त्यांनीं विजेच्या ठिणगीची नागमोडी आकाराची गति अगदीं प्रथम पाहिली, तेव्हां त्यांच्या मनांत आलें कीं, हिचें साम्य आकाशांतील विजेशीं असावें; आणि ठिणगीबरोबर जो चटचट असा आवाज उत्पन्न होतो, त्याचें मेघगर्जनेशीं साम्य असावें. परंतु **फ्रांकलीन** यानेंच प्रथमतः मोठ्या शक्तिमान् विद्युद्घटमालेच्या सहाय्यानें आकाशांतील वीज आणि विद्युद्यंत्रानें उत्पन्न होणारी विद्युत् किंवा विद्युल्लता या दोहोंमध्यें पूर्ण साम्य आहे, असें स्थापित केलें, आणि सन १७४९ सालीं यानें एक निबंध प्रसिद्ध करून ढगांतील विद्युल्लतेस अणकुचीदार टोंकाच्या दांड्यांनीं आकर्षण करण्यास कोणते प्रयोग करणें अवश्य आहे, हें सांगितलें. आपल्या निबंधाच्या शेवटीं त्यानें असें लिहिलें होतें कीं, विद्युद्द्रव टोंकांनीं आकर्षिला जातो. आकाशांतील विजेच्या अंगीं हाच धर्म आहे कीं नाहीं हें आपणांस माहीत नाहीं; परंतु यंत्राची विद्युत् आणि आकाशांतील वीज या दोहोंमध्यें दुसऱ्या सर्व गोष्टींत ज्यापेक्षां साम्य आहे, त्यापेक्षां या एकाच गोष्टींत त्यांमध्यें भिन्नता असेल, असा संभव दिसत नाहीं. याकरितां आकाशांतील वीज ही टोंकांनीं आकर्षिली जाते किंवा नाहीं, याविषयीं प्रयोग केला पाहिजे. हा प्रयोग करण्यासाठीं **फ्रांकलिन** यानें **फिलाडेलफिया** येथें एका उंच मनोऱ्यावर एक अणकुचीदार दांडा बसविण्यास सुरुवात केली. या निबंधाची प्रसिद्धि होतांच फ्रान्स देशांत **डालिबार्ड** यानें त्याप्रमाणें अणकुचीदार दांडा उभारून ढगांतील विजेच्या ठिणग्या फ्रांकलीन याच्या पूर्वीं एक महिना घेतल्या. फिलाडेलफिया येथील मनोऱ्यावर अणकुचीदार दांडा बसविण्याचें काम पुरें होईपर्यंत एका पतंगास धातूचें अणकुचीदार टोंक लावून वातावरणाच्या उच्च

डेल्फिया येथील मैदानांत सन १७५२ सालीं जून महिन्यांत त्यानें पतंग उडविला. पतंगाच्या मध्यभागीं एक अणकुचीदार लोखंडी तार लाविली होती. तिचें वरचें टोंक वरच्या बाजूस ढगांकडे होतें; व खालचें टोंक ज्या दोरीनें पतंग उडविला होता, त्या दोरीस लावलेलें होतें. हा फ्रांकलिनचा पतंग इकडे जसे दीर्घ वर्तुळाकार पतंग करितात, तशा आकाराचा नसून केवळ वावडीसारखा चौकोनी होता. देवदारी लांकडाच्या चार पातळ पट्ट्या काटकोनाकार जोडून त्यांमध्यें रेशमी हातरुमाल ताणून बसविला होता, व यास वावडीसारखें शेंपूटही लाविलेलें होतें. पतंग उडविण्यास साधी तागाची सुतळी घेतली होती; व तिच्या शेवटाजवळ एक लोखंडी किल्ली अडकविली होती, आणि किल्लींत ढगांतील वीज आली तर आपल्या हातांत येऊं नये ह्मणून किल्लीपासून दोरीस रेशमानें मढविलें होतें. याप्रमाणें पतंग उडवून तो उच्च प्रदेशीं गेल्यावर रेशमानें मढविलेली दोरी झाडास बांधून किल्लींतून ठिणगी येते कीं काय हें पाहण्यासाठीं किलीजवळ त्यानें आपलें बोटाचें पेर नेलें, परंतु ठिणगी आली नाहीं. बराच वेळ झाला तरी किल्लींतून ठिणगी येईना. यामुळें आपला प्रयोग साध्य होत नाहीं अशी त्याची निराशा होऊं लागली होती, इतक्यांत पावसाची सर येऊन सुतळी भिजली, व तेणेंकरून तिची वाहकशक्ति वाढली आणि किल्लींतून ठिणग्या येऊं लागल्या. याप्रमाणें प्रयोग सिद्धीस गेला तेव्हां त्यास जो अत्यानंद झाला त्याचें वर्णन त्यानें आपल्या मित्रांस जीं पत्रें लिहिलीं त्यांत असें केलें आहे:—“ त्या वेळीं आनंदानें माझें देहभान गेलें, मी थै थै नाचूं लागलों, व नेत्रांतून आनंदाश्रु घळघळा वाहूं लागले ! ” फ्रांकलीन यानें अणकुचीदार टोंकाच्या अंगीं काय धर्म असतात हें शोधून काढिलें व अशा टोंकाच्या योगानें ढगांतील वीजही त्यानें खालीं आणिली. तथापि ढगांतील वीज खालीं कशी आली, याचें खरें बीज मात्र त्यास समजलें नव्हतें. त्याची कल्पना अशी होती कीं, पतंगास लाविलेल्या अणकुचीदार तारेच्या टोंकानें ढगांतील विजेस आकर्षण केलें आणि नंतर ती वाहक सुतळींतून खालीं आली. पुढें यानेंच

पोंचवितात. परंतु वास्तविक तसा प्रकार नसून येथें साधें प्रवर्तककार्य घडतें. ढगांतील विजेचें वाहकाच्या टोंकावर प्रवर्तन घडून विजातीय विद्युत् टोंकांत येते; आणि सजातीय विद्युत् वाहकाच्या दुसऱ्या टोंकाकडे प्रतिसारित होते. टोंकांत विजातीय जागृति अत्यंत जमली ह्मणजे ढगांतील विजेशीं संयोग पावून टोंक निर्जागृत होतें, व तितक्या मानानें ढगही निर्जागृत होतो आणि टोंकावर पुनः ढगांतील विद्युल्लतेचें प्रवर्तन चालतें. याचप्रमाणें **फ्रांकलीन** याच्या पतंगास लाविलेल्या टोंकावर ढगांतील विजेचें प्रवर्तककार्य घडून प्रतिसारित झालेली वीज दोरींतून किल्लींत आली होती. ह्मणून ती वास्तविक ढगांतील वीज आलेली नसून ढगांतील विजेच्या प्रवर्तककार्यांनें उत्पन्न झालेली होती.

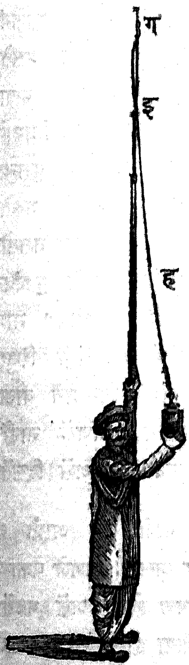
६०. वातावरणांतील विद्युत्ः—विद्युत् फक्त उंच प्रदेशीं असते, आणि खालच्या प्रदेशीं नसतें, असें नाहीं. वातावरणांत सर्वभागीं सर्व ऋतूंत जास्त कमी विद्युत् असते. वातावरणांत विद्युत् असते, हें पाहण्याकरितां अनेक तऱ्हेच्या यंत्रांचा उपयोग करितात. आकाश निरभ्र असून हवा स्वच्छ असते; तेव्हां वातावरणांत थोडी विद्युत् असते, ती पाहण्याकरितां **साशर** यानें शोधून काढिलेल्या एका साध्या विद्युन्मापकाचा उपयोग करितात. हें विद्युन्मापक मागें वर्णन केलेल्या साध्या विद्युद्दर्शकासारखेंच असतें. परंतु ज्या दांड्यास सोन्याचे वर्ख लाविलेले असतात, त्या दांड्यावर २ फूट लांबीचा एक वाहक असतो, व त्याच्या शेवटावर टोंक किंवा बोंड असतें. यंत्रावर पाऊस पडूं नये ह्मणून कुपीच्या माथ्यावर ४।५ इंच व्यासाचा एक गोल पत्रा बसविलेला असतो. कुपी गोल नसून चौकोनी असते. आणि सोन्याचे वर्ख किती फांकले हें समजण्याकरितां कुपीच्या आंतल्या बाजूवर भाग पाडलेली कागदाची पट्टी चिकटविलेली असते.

वातावरणांतील विद्युत् पाहण्याकरितां **साशर** तांब्याच्या पत्र्याची पोकळ गोटीही घेत होता. ही गोटी हातांत घेऊन वरच्या बाजूस तो फेंकीत असे. एका धातूच्या तारेच्या शेवटास ही गोटी पक्की अडकविलेली असे. व दुसऱ्या टोंकास एक आंगठीसारखें लहान कंकण लाविलेलें असे, व तें कंकण विद्यु-

वरून किंवा दर्शकांतील सोन्याच्या पत्राच्या कोनांवरून समजे. **बेकरेल** यानें **सेंटबर्नार्ड** या पर्वतावर जे प्रयोग केले, त्या वेळीं त्यानें **सास्यूर** याच्या यंत्रांत थोडी सुधारणा केली होती. त्यानें गोटीच्या जागीं तीर घेतला होता, व त्यास तीरकमठ्यानें वातावरणांत उडवीत असे. सोन्याचा वर्ख लाविलेला रेशमी दोरा सुमारें ८८ यार्ड लांबीचा घेऊन त्याच्या एका शेवटास तीर अडकविला होता, व दुसरें शेवट विद्युद्दर्शकाच्या वाहकास लाविलें होतें.

व्हाल्टा यानें हवेंतील विद्युल्लतेनें एक लहान विद्युद्घट जागृत केला होता. त्याकरितां त्यानें जें यंत्र घेतलें होतें, तें आ० ७६ मध्यें दाखविलें आहे. एक साधी काठी घेऊन तिच्या टोंकावर एक चपटी पितळी पट्टी बसवून त्या पट्टींत एक पितळेची जाड तार बसविली होती. या तारेस आणखी एक चपटी पट्टी लावून तिला **इ** ही अणकुचीदार टोंक असलेली धातूची तार लाविलेली होती. या तारेच्या टोंकास मद्यार्कांत भिजविलेली **ग** ही कापसाची वात गुंडाळली असून त्या वातीस **ह** ही एक बारीक तार बांधलेली असे. या यंत्राची काठी **व्हाल्टा** आपल्या एका हातांत धरून दुसऱ्या हातांत विद्युद्घट घेई. आणि त्या घटाचें अंतर्कवच **ह** तारेच्या टोंकास लावून घटांत विद्युत् जमवी. विद्युद्घटाच्या बदला लहानसें विद्युद्दर्शक घेतलें, तरी ही विद्युत्स्थिति समजेल.

आ० ७६.



कधीं कधीं टोंक असलेला पतंग किंवा वावडी घेऊन वर्खानें मढविलेल्या दोरीनें उडवितात. आणि दोरी विद्युन्मापकास लावून विद्युत्स्थिति काढितात.

वातावरणांतील विद्युत् जमविण्याचें उत्तम साधन ह्मटलें ह्मणजे इमारतीच्या उंच मजल्याच्या खिडकीस विद्युत्स्थापक मुठीनें मासे धरण्याचा गळ लावून ठेवणें होय. या गळाच्या टोंकास धातूच्या चिमट्यांत पेटविलेल्या कफाचा तुकडा लावितात. त्याचा जो धूर निघतो, तो चांगला वाहक असल्यामुळें त्याच्या योगानें गळाच्या दांड्यास लाविलेल्या मढविलेल्या तारेंतून हवेंतील विद्युत् खालीं येते. आल्कोहोलांत स्पंजाचा तुकडा भिजवून चिमट्यांत घातला, व पेटविला, तरी त्याची वाफही वाहकाप्रमाणें उपयोगीं पडते.

६१. वातावरणांतील साधारण विद्युत्ः—वर वर्णन केलेल्या निरनिराळ्या यंत्रांनीं जे प्रयोग करण्यांत आले, त्यांवरून असें कळलें आहे कीं, आकाश मेघांनीं आच्छादित असून मेघगर्जना होते, त्या वेळींच मात्र वातावरणांत विद्युत् असते, असा प्रकार नसून वातावरणांत नेहमीं जास्तकमी बंधमुक्त किंवा मोकळी अशी विद्युत् असते. ही विद्युत् बहुधा धन असते. परंतु कधीं कधीं ऋणही असते. जेव्हां आकाश निरभ्र असतें, तेव्हां वातावरणांत नेहमीं धनविद्युत् असते. परंतु तिचा जोर स्थळाच्या उंचीप्रमाणें व दिवसाच्या वेळाप्रमाणें भिन्नभिन्न असतो. जीं स्थळें फार उंच व दुसऱ्या पदार्थांपासून अलग असतात, त्या ठिकाणची विद्युत् फार जोराची असते. घरांत, शहरच्या रस्त्यांत आणि झाडाखालीं धनविद्युल्लतेचा अगदीं लेश नसतो. शहरांतील विस्तीर्ण उघड्या मैदानांत धक्क्यावर, घांटांवर आणि पुलांवर धनविद्युत् फार असते. सर्वदां जमिनीपासून कांहीं नियमित उंचीवर मात्र धनविद्युत् असते. सपाट जमिनीवर सुमारें ५ फूट उंचीवर कांहीं विद्युत् अनुभवास येते. त्यापुढें उंचीप्रमाणें विद्युल्लतेचें मान कांहीं नियमानें वाढत जातें. परंतु कोणत्या नियमानें वाढतें, हें अद्याप बरोबर समजलें नाहीं. तथापि हें वाढण्याचें मान हवेच्या आर्द्रस्थितीप्रमाणें जास्तकमी होतें असें दिसतें.

आकाश अभ्रांनीं आच्छादित असतें तेव्हां विद्युल्लता कधीं धन असते व कधीं ऋण असते. विद्युज्जागृत ढग इकडून तिकडे जात असले ह्मणजे एकाच दिवशीं अनेक वेळां विद्युत् धनाची ऋण आणि ऋणाची धन होते, असें घडतें. वादळासारखा वारा सुटतो तेव्हां, आणि जेव्हां पाऊस किंवा हीम पडत असतें

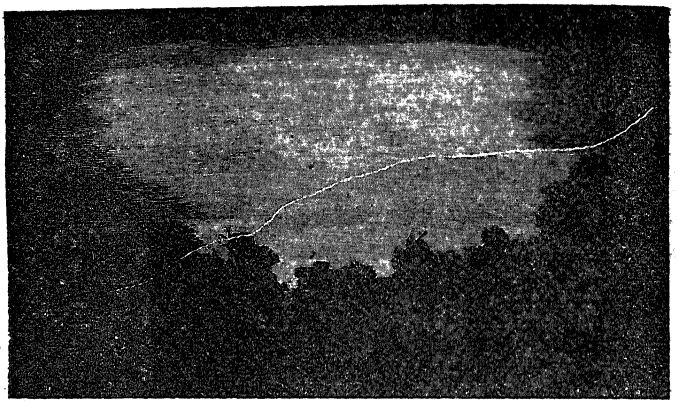
विद्युत् नेहमीं धन असते. धुकें जसें दाट असेल त्याप्रमाणें बहुधा विजेचें मान व तिचा जोर वाढतो.

जमिनींतील विद्युत् नेहमीं ऋण असते, असें **पेल्टियर** यानें काढिलें आहे. परंतु तिचें मान हवेची आर्द्रता व हवेचें उष्णमान याप्रमाणें भिन्नभिन्न असतें.

वातावरणांतील विद्युतेची उत्पत्ति कशी होते, याविषयीं अनेक कल्पना आहेत. कित्येक ह्मणतात कीं, जमिनीवर हवेचें घर्षण झाल्यानें विद्युत् उत्पन्न होते. कित्येक ह्मणतात कीं, वनस्पतींच्या वाढीपासून उत्पन्न होते. दुसऱ्या कित्येकांचें असें ह्मणणें आहे कीं, पाण्याच्या बाष्पभवनापासून हवेंत विद्युल्लतेची उत्पत्ति होत असावी. कित्येकांच्या मतें पृथ्वीमध्यें रासायनिक व उष्णताजनक जे व्यापार चालले आहेत, त्यांपासून विद्युल्लतेची उत्पत्ति होत असावी. यांपैकीं जरी अमक्या एकाच कारणानें किंवा कारणांनीं विद्युल्लता उत्पन्न होते, असें समाधानकारक सांगतां येत नाहीं, तरी यांपैकीं कित्येक कारणांनीं मिळून विजेची उत्पत्ति होत असावी, असें तरी निदान वाटतें. ज्या वेळीं पावसाच्या मोठ्या सरी येऊन अतिशय पाऊस कोसळतो, व गारा पडतात, त्याच वेळीं वातावरणांतील विजेचे फार शक्तिमान् व जोराचे परिणाम घडतात. यामुळें हवेंतील वाफेचें थिजणें आणि विजेची उत्पत्ति यांमध्यें निकटसंबंध असावा, असें दिसतें. तथापि हा संबंध अद्याप प्रयोगद्वारा स्थापित करण्यांत आला नाहीं.

६२. विजेची चमकः—विद्युज्जागृत ढगांपासून निघालेल्या ठिणगीचा जो अति तेजस्वी प्रकाश दिसतो, त्याला **विजेची चमक** ह्मणतात. आणि जेव्हां ढग आणि पृथ्वी यांमध्यें वीज दृश्य होते, तेव्हां वीज पडली किंवा चमकली असें ह्मणतात. वातावरणाच्या नीच प्रदेशीं विजेचा प्रकाश शुभ्र

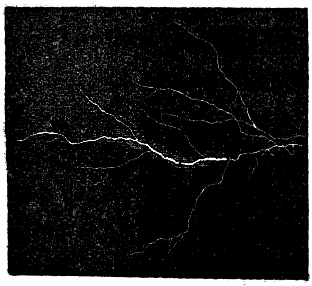
आ० ७७.



दिसतो, परंतु उच्च प्रदेशीं तेथील हवेच्या विरलत्वामुळें या विजेच्या प्रकाशास किरमिजी रंगाची झांक येते. याचप्रमाणें विद्युद्यंत्राची ठिणगी विरल अवकाशांतून सोडिली ह्मणजे तिच्या प्रकाशासही अशीच झांक येत असते.

ज्यांवर तत्काळ कार्य घडतें, अशीं तसबिरी घेण्याचीं शुष्क भिंगें निघाल्यापासून वायुचक्रशास्त्रवेत्त्यांच्या हातीं विजेच्या चमकेचे बरोबर आकार समजण्याचें मोठें साधन आलें आहे. निरनिराळ्या ठिकाणीं व निरनिराळ्या वेळीं ज्याप्रमाणें विजा दिसल्या त्यांच्या तसबिरींच्या हुबेहूब नकला आकृति ७७ पासून ८० पर्यंत दाखविल्या आहेत.

आ० ७८.

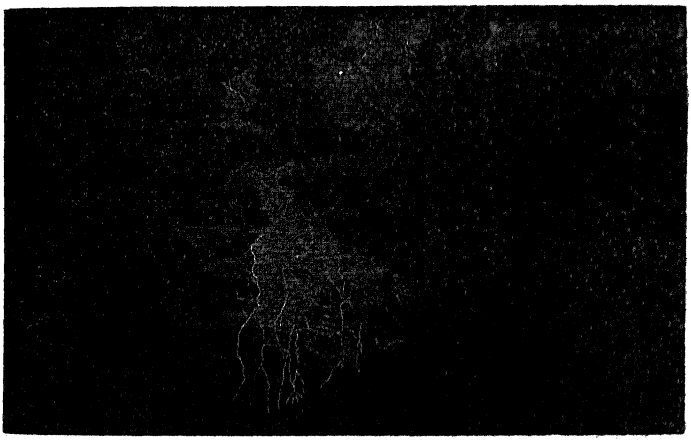


रेषाकृति वीज ही क्वचित् दिसते. ही साधी, रुंद व साफ अशी प्रकाशाची



पहा). ही चमक कोणत्या तरी एका दिशेस गेलेली असून या बाजूपासून त्या बाजूकडे अनियमित रीतीनें वळलेली अशी ही वक्र किंवा कुटिल रेषा असते. आ० ७८ मध्यें बहुशाखी वीज दाखविली आहे. तिजमध्यें मुख्य रेषेपासून कांहीं भागावर झाडाच्या मुळाच्या तंतूसारख्या शाखा फुटलेल्या आहेत. आकृति ७९ मध्यें अगदींच अनियमित रीतीनें वक्र होत गेलेली व जेथें तेथें बांक आलेली

आ० ८०.



अशी कुटिलविद्युत् दाखविली आहे. या विजेच्या रेषेंत चकचकीत कित्येक मणी ओळीनें दिसतात, व हे मणी जेथें बांक आलेला आहे, त्या ठिकाणीं असतात, परंतु पुष्कळ वेळां बांक नसल्या ठिकाणींही हे दिसतात.

या वरच्या आकारांशिवाय कित्येक वेळां विजेच्या चमका अशा दिसतात कीं, त्यांस रेषारूप आकार मुळींच नसून त्यांस एकादा नियमित व स्पष्ट आकारही नसतो; परंतु त्यांच्या योगानें सर्व क्षितिज प्रकाशानें भरून जातें. या जातीची वीज पुष्कळ वेळां दिसते, व ही ढगांतच उत्पन्न होऊन त्यांस प्रकाशित करिते, असें दिसतें. उन्हाळ्यांत आणखी एक प्रकारची तव्यासारखी वीज दिसते. क्षितिजावर कांहीं ढग नसतां उन्हाळ्याच्या रात्रीं हिचा प्रकाश पडतो, व त्याबरोबर कांहीं आवाजही होत नाहीं. या विजेच्या उत्पत्तीविषयीं अशी कल्पना करण्यांत आली आहे कीं, या विजेच्या चमका अतिशय अंतरावरच्या ढगांत उत्पन्न होत असाव्या, व या अंतरामुळें गर्जनेचा ध्वनि पाहणारास ऐकूं न येण्याजोगा निःशक्त होत असावा. कारण **टाटेनहम** येथें आकाश अगदीं निरभ्र असतां **ल्यूक हावर्ड** यानें आग्नेय दिशेस असा विजेचा तवा पाहिला. नंतर त्यास असें समजलें कीं, तेथून सुमारें १०० मैलांवर फ्रान्स देशांतील क्याले व डंकर्क या शहरांमध्यें त्याच वेळीं मोठें वादळ झालें.

वीज १५० मैल अंतरावरून दिसते; परंतु मेघगर्जना २७ मैलांहून जास्त अंतरावर ऐकूं येत नाहीं.

अग्नीच्या गोलांच्या आकाराच्या विजेच्या चमकाही क्वचित् कधीं दिसतात. हे गोल १०।१० सेकंदपर्यंत दिसत असतात, आणि ते ढगांतून पृथ्वीवर इतके सावकाश पडतांना दिसतात कीं, त्यांची गति डोळ्यांस ओळखतां येते. हे गोल जमिनीवर पडल्यावर कधीं कधीं उलट उशी घेतात. कधीं कधीं जमिनीवर आदळून फुटतात; व त्यापासून तोफेसारखा आवाज होतो. यांची उत्पत्ति विजेपासूनच असावी याविषयीं अद्याप शंका राहिली असती; परंतु **प्लांटी** यानें फार जोराच्या विद्युच्चालक शक्तीच्या विद्युन्मालेनें ज्या ठिणग्या घेतल्या, त्यांचाही आकार यासारखाच गोलरूप होता. यावरून यांचीही उत्पत्ति विजेपासूनच असावी, असें दिसतें.

मागें ज्या चार प्रकारच्या विजेच्या चमका सांगितल्या, त्यांपैकीं पहिल्या तिहींचा प्रकाश $\frac{१}{१००,०००}$ सेकंदाहून जास्त काळ राहत नाहीं, असें **व्हीट-स्टोन** यानें अति जलद फिरणाऱ्या चाकाच्या सहाय्यानें सिद्ध केलें आहे. यानें हें चाक इतकें जलद फिरविलें कीं, त्याचे आरे अगदीं वेगवेगळे दिसत नव्हते.

प्रकाशित असतां चाक अगदीं स्थिर दिसे. म्हणजे चाकाचें स्थलांतर त्या कालांत इतकें थोडें होत असे कीं, विजेचा प्रकाश त्यावर असतां तें स्थलांतर दिसत नसे. विजेच्या चमकेचा प्रकाश व तेजस्वीपणा सूर्यासारखा असतो. परंतु साध्या चंद्रप्रकाशाहून तो जास्त तेजस्वी दिसत नाहीं. याचें कारण असें आहे कीं, तो अति अल्पकाळ राहतो. कोणताही प्रकाश निदान १/१० सेकंद राहील तेव्हांच त्याचा पूर्ण परिणाम डोळ्यांवर पडतो. वास्तव विजेच्या चमकेनें जो प्रकाश एकाद्या स्थळावर पडतो, तो वीज चमकली म्हणजे खरोखर जितका तेजस्वी दिसतो, त्याच्या एकलक्षपट तो तेजस्वी असला पाहिजे हें उघड आहे.

६३. मेघगर्जना:—वातावरण क्षुब्ध असतां वीज चमकल्यावर मागाहून जो मोठा आवाज ऐकूं येतो, त्यास **मेघगर्जना** असें म्हणतात. वीज आणि गर्जना यांची उत्पत्ति नेहमीं एकाच काळीं होते. परंतु वीज दिसल्यावर कांहीं सेकंदांनीं आपणांस गर्जना ऐकूं येते. याचें कारण असें आहे कीं, ध्वनीचा वेग दर सेकंदास सुमारें ११२० पासून ११४० फूट असतो, आणि प्रकाश आपणापर्यंत बहुतेक तत्काळच येऊन पोंचतो. म्हणून ज्या मेघांमध्यें वीज दिसते, त्या मेघांचें अंतर ११२० फुटांच्या ५ किंवा ६ पट असेल, त्याप्रमाणें ५ किंवा ६ सेकंदांनीं गर्जनेचा आवाज पाहणारास ऐकूं येईल. हवेमध्यें विजेच्या मोठ्या ठिणगीनें जी क्षुब्धता उत्पन्न होते, तिजपासूनच गर्जनेची उत्पत्ति होते. ज्या ठिकाणीं वीज होते, त्या ठिकाणाजवळ गर्जनेचा आवाज फार कर्कश असतो; व थोडा वेळ ऐकूं येतो. परंतु जास्त अंतरावर अनेक आवाज एकामागून एक असे जलद ऐकूं येतात. याहून जास्त अंतरावर आरंभीं आवाज हळू ऐकूं येतो. परंतु नंतर भिन्नभिन्न जोराचा असा पुष्कळ वेळ गडगडाट ऐकूं येतो. या गडगडाटाचें कारण कित्येक असें सांगतात कीं, जमिनीपासून व टेंकड्यांपासून आणि ढग व इमारती यांपासून जें ध्वनीचें परावर्तन होतें तें परावर्तन एकाच वेळीं कर्णास येऊन पोंचत नसल्यामुळें असा

ध्वनि उत्पन्न होतो. दुसऱ्यांचें असें मत आहे कीं, वीज ही विजातीय विद्युल्लतांचा एकच संयोग होऊन उत्पन्न होत नसून अनेक संयोग एकामागून एक होऊन उत्पन्न होते; व या प्रत्येक संयोगापासून निरनिराळा ध्वनि उत्पन्न होतो. परंतु हे निरनिराळे संयोग निरनिराळ्या अंतरावर असणाऱ्या ठिकाणीं व भिन्नभिन्न दाढ्यांच्या हवेच्या थरांत घडतात. ह्मणून त्यापासून उत्पन्न झालेले ध्वनि पाहणाराच्या कानास येऊन एकामागून एक पोंचतात; इतकेंच नाहीं तर त्यापासून निरनिराळ्या जोराचे ध्वनि येतात, व भिन्नभिन्न काळ राहतात. ह्मणून गडगडाट उत्पन्न होतो. परंतु अगदीं अलीकडे मेघगर्जनेची उत्पत्ति विजेच्या नागमोडी आकारामुळेंच होते, असें पुष्कळ विद्वानांचें मत झालें आहे. ते ह्मणतात कीं, दोहों विद्युतांचा संगम होते वेळीं हवा अतिशय आकुंचित होते, व या आकुंचनामुळें निरनिराळ्या जोराचे ध्वनि उत्पन्न होतात. विजेस नागमोडी किंवा वक्र आकार मिळण्याचें कारण असें सांगतात कीं, फार जोराची विद्युज्जागृति हवेंतून जातांना हवा संकुचित होऊन तिचा प्रतिबंध वाढतो. या प्रतिबंधामुळें सरळ रेषा सोडून कमी प्रतिबंधाच्या ठिकाणीं ती बाजूस वळते. तिकडेही हवा संकुचित होऊन प्रतिबंध वाढतो. तेव्हां तो मार्ग सोडून पुनः मागें वळते. याप्रमाणें तिला वांकडेपणा येतो. याप्रमाणें संकुचित झालेली हवा जेव्हां आपल्या स्थितिस्थापकतेनें मागें हटते, तेव्हां तिचा धक्का बाकीच्या हवेवर बसून ध्वनि उत्पन्न होतो. गर्जनेचा गडगडाट २ पासून ८० सेकंदपर्यंत राहतो.

ज्यांपासून गर्जना होते, असे ढग बुडाशीं चपटे असून वरच्या बाजूस जास्त कमी दाट असे अनेक ढग एकावर एक रचलेले दिसतात; व तेणेंकरून त्यांच्या लहान लहान टेंकड्या व शिखरें दिसतात. परावृत्त प्रकाशानें हे ढग शुभ्र पांढरे दिसतात, परंतु त्यांचें दाढ्यं जास्त असतें. याकरितां त्यांतून फार थोडा प्रकाश पार जातो. ह्मणून जेव्हां ढग सूर्याआड येतात, तेव्हां ते काळसर, करडे, किंवा काळे दिसतात.

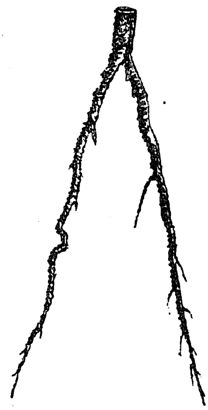
६४. विजेचे परिणामः—ढग आणि पृथ्वी या दोहोंमध्यें जी विजेची ठिणगी दिसते, तिलाच विजेची चमक असें ह्मणतात. विद्युज्जागृत ढग, ह्मणजे

सजातीय विद्युत् प्रतिसारित होते. विद्युज्जागृत ढग आणि विजातीय विद्युत् जमलेला पृथ्वीचा भाग हे दोन विद्युत्घटांच्या दोन कवचांच्या स्थितीत असतात. आणि जेव्हां ढगांतील विद्युत् व तिच्या प्रवर्तनानें जमलेली पृथ्वींतील विद्युत् यांचा परस्पर आकर्षकजोर मधील हवेच्या प्रतिबंधाहून जास्त होतो, तेव्हां दोहोंचा संयोग होऊन ठिणगी दिसते; व त्यासच वीज चमकली असें ह्मणतात. साधारणतः वीज वरून खालीं आलेली दिसते. परंतु कधीं कधीं खालून वर जातांनाही वीज दिसते. जेव्हां ढग ऋणविद्युत्तेनें जागृत असून पृथ्वी धनविद्युत्तेनें जागृत असते, तेव्हांच बहुधा दुसरा प्रकार घडतो. कारण प्रयोगांवरून असें दिसण्यांत आलें आहे कीं, हवेचा साधारण दाब असतां ऋणविद्युत्तेपेक्षां धनविद्युत् हवेंतून फार सहज जाऊं शकते. विद्युत्तेच्या आकर्षणाचा जोर अंतराच्या वर्गाच्या उलट प्रमाणांत असतो, असा नियम आहे. ह्मणून विद्युज्जागृत ढगांच्या अगदीं जवळ जे चांगले वाहक पदार्थ असतील, त्यांवर प्रथमतः प्रवर्तक कार्य घडून त्यांवरच प्रथमतः वीज पडेल. ह्मणून झाडें, उंच इमारती व त्यांवरील धातूंचे कळस वगैरे यांवरच फार वीज पडते. झाडांमध्यें जो रस असतो, त्या रसामुळें झाडें विद्युत्तेचे सुवाहक असतात. ह्मणून वादळ सुटलें असतां झाडाखालीं किंवा झाडाजवळ उभें राहूं नये.

झाडावर वीज पडली ह्मणजे त्यापासून फार चमत्कारिक परिणाम घडतात. कधीं कधीं झाडांवरील साल अंशतः किंवा सर्वांशीं निघून जाते. कधीं कधीं लांकूड उभें चिरलें जाऊन त्याच्या पातळ भेशी होतात. किंवा कधीं कधीं झाडणीसारख्या लांकडाच्या तंतूंच्या जुड्या होतात. लांकडामध्यें जो रस असतो, त्याचें एकाएकीं बाष्पभवन झाल्यामुळें हा परिणाम घडतो, असें **फ्रांकलिन** यानें निदान केलें होतें. वीज नागमोडी रेषेनें झाडावरून खालीं उतरते, किंवा झाडाच्या बुंधावर त्याच्या आंसाभोंवतीं गिरक्या घालते.

विद्युद्घटमालेच्या परिणामासारखेच अनेक तऱ्हेचे आकाशांतील विजेचे

आ० ८१.



परिणाम घडतात. परंतु मालेपेक्षां हे फार जोराचे असतात. विजेनें मनुष्यें व प्राणी मरतात, ज्वालाग्राही पदार्थ पेटतात, धातु वितळतात आणि मंदवाहक पदार्थांचे तुकडे तुकडे होतात. वीज जमिनींत शिरली ह्मणजे मार्गांतील सिलिकामय द्रव्यांचाही रस होतो, आणि आकृति ८१ मध्यें दाखविल्यासारख्या त्या रसाच्या चमत्कारिक नळ्या बनतात. यांपैकीं कित्येक १२।१२ यार्ड लांब असतात. वीज लोखंडी कांबीवर पडली, ह्मणजे तींत चुंबकत्व येतें, आणि विजेच्या योगानें होकायंत्रांतील कांट्याचे ध्रुव बदलतात.

ज्या ठिकाणीं विजेचें यंत्र चालत असतें, त्या ठिकाणीं जसा वास येतो, त्यासारखाच ज्या प्रदेशांतून वीज जाते, त्या प्रदेशांत फार चमत्कारिक असा वास कधीं कधीं उत्पन्न होतो. आक्सिजनाचें आकुंचन होऊन उत्पन्न झालेल्या ओझोन वायूचा हा वास असतो. ओझोन हें आक्सिजनाचेंच एक चमत्कारिक नवें रूप आहे असें समजतात.

विद्युज्जागृत ढग व त्या खालील पृथ्वी या दोहोंचा मिळून संचायक होतो, व मधील हवा त्या दोहोंमधील विद्युत्स्थापक पडदा असतो. ह्मणून विद्युद्घटांतील कांचेसारखाच या हवेच्या थरावर दोहों विद्युतांचा दाब पडतो. ह्मणून प्रत्यक्ष ठिणगीच्या कार्यापेक्षां त्या दाबानेंच विशेषेंकरून ओझोनची उत्पत्ति होते.

विजा होऊन मेघगर्जना झाल्यानंतर जो पाऊस पडतो, त्या पावसाच्या पाण्यांत साधारण स्थितींत सरासरीनें पुष्कळ नैत्रिक आसिड उत्पन्न होतें. हवेंतून ज्या ठिणग्या जातात, त्यांच्या परिणामापासून ही आसिडाची उत्पत्ति होते, असें मागें आपणास समजलें आहे (कलम ५७ पहा).

उष्ण हवेचें दार्ढ्य कमी असतें, ह्मणून तिजमधून थंड हवेपेक्षां विजेचें वहन जास्त होतें. याकरितां मेंढराच्या कळपासारखे पुष्कळ प्राणी जेव्हां जमलेले असतात, तेव्हां ते विजेच्या एकाच चमकेनें कधीं कधीं एकदम ठार होतात.

कारण वादळाच्या वेळीं हे प्राणी एकमेकांस चिकटून एकत्र दाटी करितात. यामुळें त्या कळपांतून उष्ण हवेचा स्तंभ वर जात असतो.

पुष्कळ लोकांस वीज पडेल याची फार फाजील भीति वाटते. परंतु वीज पडून खरोखर फारच थोडे लोक मरतात; हें जर आपण लक्षांत ठेविलें, तर ही भीति पुष्कळ कमी होईल. **अरेगो** यानें प्रत्यक्ष माहितीवरून असें अनुमान काढिलें आहे कीं, फ्रान्स देशांत दरसाल सारीं २० मनुष्यें मरतात. ह्मणजे २० लक्षांत एक मनुष्य अशी सरासरी पडते. हें मान ज्या दुसऱ्या कित्येक अपघातांपासून मनुष्यें मरतात, व ज्यांची भीति फार वाटत नाहीं, त्यांहून फार कमी आहे. आगगाडीवरील अपघातानें जितकें मरण येण्याचें भय असतें, त्याहून वीज पडल्यानें मरण येण्याचें भय फार कमी असतें.

६५. उलट धक्का किंवा निवृत्ति आघातः—जेथें वीज पडते, त्या स्थळापासून पुष्कळ अंतरावर असलेलीं मनुष्यें व प्राणी यांस मोठा जोराचा व कधीं कधीं घातक असा जो धक्का बसतो, त्यास **उलट धक्का** किंवा निवृत्ति **आघात** ह्मणतात. विद्युज्जागृत ढगाच्या प्रवर्तक कार्याच्या मर्यादेंत जे पदार्थ असतात, त्यांवर ढगांतील जागृतीचें जें प्रवर्तक कार्य घडतें, त्यानें या धक्क्याची उत्पत्ति होते. पृथ्वीप्रमाणें या पदार्थांतही ढगांतील जागृतीच्या उलट जागृति प्रवर्तनानें जमते. पृथ्वींतील जागृतीशीं ढगांतील जागृतीचा संयोग होऊन ढग निर्जागृत झाला, किंवा पृथ्वीवरील एकाद्या उंच स्थळावर वीज पडली ह्मणजे प्रवर्तक कार्य बंद होतें. आणि ज्या पदार्थांत प्रवर्तनानें जागृति जमली होती, ते पदार्थ जलद आपल्या मूळ उदासीन स्थितींत येऊं लागतात, व यामुळें त्या पदार्थांत कंप उत्पन्न होऊन त्यांस उलट धक्का बसतो. उदासीन विद्युद्द्रवाचें सावकाश पृथग्भवन झालें, व दोहों विद्युतांचा हळू हळू पुनः संयोग झाला, तर त्यापासून फारसे समजण्याजोगे परिणाम घडत नाहींत. तथापि विद्युत्समतोलनांत अशी गडबड झाल्यानें धैर्यहीन व कंपशील मनुष्यें भितात यांत संशय नाहीं.

हा उलट धक्का मुख्य धक्क्यापेक्षां नेहमीं कमी जोराचा असतो. यानें कधीं ज्वालाग्राही पदार्थ साक्षात् पेटल्याचें उदाहरण घडलेलें नाहीं. परंतु मनुष्यें व प्राणी मेल्याचीं पुष्कळ उदाहरणें घडलीं आहेत. या धक्क्यानें जीं मनुष्यें

मरतात, त्यांच्या अवयवांस इजा होत नसते, जखमाही होत नाहींत, किंवा अंगही भाजत नाहीं.

मोठें विद्युद्यंत्र फिरत असतां त्याजवळ सुवर्णपत्र विद्युद्दर्शक धरिलें, व त्याचें बोंड तारेनें जमिनीशीं जोडिलें तर उलट धक्का कसा बसतो, हें दाखवितां येतें. यंत्र चालू असतां दर्शकाचे वर्खे फांकतात. परंतु यंत्रांतून ठिणगी घेतली ह्मणजे प्रत्येक ठिणगीच्या वेळीं ते मिटतात.

६६. आकाशांतील विजेचे वाहकः—हे वाहक साधारणतः लोखंडी कांबीचे करितात. यांतून विद्युज्जागृत ढग जमिनींतून ज्या विजातीय विद्युल्लतेस आकर्षण करितात, ती विद्युत् जमिनींतून वरच्या बाजूस वाहते. हे वाहक **फ्रांकलिन** यानें सन १७५५ सालीं शोधून काढिले.

विजेच्या वाहकाचे मुख्य दोन भाग असतात. (१) कांब. आणि (२) वाहक. ज्या इमारतीच्या छपराचें विजेपासून रक्षण करणें आहे, त्यास उभी लावलेली व टोंक असलेली लोखंडी कांब असते (आ० ८२ पहा). ही

आ० ८२.



इमारतीपेक्षां ४ पासून ६ फूट उंच असते, व तिची जाडी पायापाशीं २ किंवा तीन चौरस इंच असते. वाहक हाही लोखंडी कांबीचाच असून त्याच्या योगानें कांबीच्या बुडास जमिनीशीं जोडलेलें असतें. हा वाहक जमिनींत कांहीं खोलपर्यंत सोडलेला असतो. इमारतीच्या बाहेरच्या बाजूस अनेक ठिकाणीं वांकडें तिकडें वांकवून लोखंडी कांबीस तिच्या ताठपणामुळें सहज बसवितां येत नाहीं. ह्मणून विजेचे वाहक अनेक तारा गुंफून केलेल्या दोरीचे करितात. वाहकास बहुधा विहिरीच्या पाण्यांत सोडितात; आणि त्यांचा जमिनीशीं चांगला संबंध व्हावा ह्मणून जमिनींत गेलेल्या टोंकास २।३ पत्रे जोडितात, किंवा धातूचा मोठा एकच पत्रा जोडितात. जवळ विहीर नसली तर जमीन ओली लागेपर्यंत ६ किंवा ७ फूट खोल खणून तेथें वाहकाचा पत्रा जोडितात, व त्यावर जोरानें माती खचतात.

विजेच्या वाहकाचें कार्य प्रवर्तनावर आणि अणकुचीदार टोंकांच्या धर्मावर अवलंबून असतें (क० २६). आकाशांतील वीज आणि यंत्राची वीज या दोहोंमधील साम्य **फ्रांकलिन** यानें स्थापित केलें, तेव्हां त्याची अशी समजूत होती कीं, विजेचे वाहक ढगांतील विद्युल्लतेस आकर्षण करून जमिनींत नेतात. परंतु वास्तविक प्रकार याच्या अगदीं उलट घडतो. धनविद्युल्लतेनें जागृत असलेला ढग जेव्हां वातावरणांत चढतो, तेव्हां त्याचें पृथ्वीवर प्रवर्तककार्य घडतें; आणि तेणेंकरून तो धनविद्युल्लतेस पृथ्वींत प्रतिसारित करितो, आणि ऋणविद्युल्लतेस आकर्षण करितो. ही आकर्षिलेली विद्युत् जमिनीच्या पृष्ठभागावरील पदार्थांत जमते. आणि ज्याप्रमाणें हे पदार्थ जास्त उंचीवर असतील, त्याप्रमाणें त्यांमध्यें आकर्षण केलेली विद्युत् जास्त जमते. ह्मणून जे अति उंच पदार्थ असतात, त्यांतील विद्युल्लतेचा जोर फार असतो, व त्यावरच वीज पडण्याचें भय फार असतें. परंतु या पदार्थांस टोंक असलेले वाहक लाविले, तर ढगांच्या प्रवर्तनानें जमिनींतील आकर्षण झालेली ऋणविद्युत् या टोंकांत जमते; व तेथें फार वाव नसल्यामुळें वातावरणांत जाते. आणि ढगांतील धनविद्युल्लतेशीं संयोग पावून त्यास निर्जागृत करिते. ह्मणून विजेच्या वाहकानें पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर विद्युत् जमण्याचें बंद होतें. इतकेंच नाहीं, तर विद्युज्जागृत ढगास निर्जागृत करून स्वाभाविक स्थितींत आणण्याचाही त्याचा कल असतो. वास्त-

आतां इमारतीवर [illegible]
विजेची चमक दिसत नाहीं. परंतु ते ढग शहरावरून गेले ह्मणजे मात्र चमक दृष्टीस पडते. परंतु कधीं कधीं विजेच्या चमका इतक्या विपुल दिसतात कीं, विजेच्या वाहकानें ढगांतील सर्व विद्युल्लतेस नाहींसें करितां येत नाहीं; आणि त्यामुळें कधीं कधीं वाहकांवर वीज पडते. परंतु त्यांच्या सुवाहकत्वामुळें ती वीज जमिनींत जाते, व इमारतीस इजा होत नाहीं.

विजेच्या वाहकाची जितकी उंची असेल, त्याच्या दुप्पट त्रिज्येचें वर्तुळ, वाहकाचें ठिकाण मध्य धरून, काढिलें तर त्या वर्तुळांतील अवकाशांत ज्या इमारती वगैरे असतील त्यांचें वाहकानें रक्षण होतें असें अनुमान काढिलें आहे. ह्मणून जर ६४ यार्ड लांबीची इमारत असेल, तर एकमेकांपासून ३२ यार्ड अंतरावर ८ यार्ड उंचीचे दोन वाहक लाविल्यानें तिचें रक्षण होईल.

विजेचे वाहक चांगले होण्यास पुढील गोष्टी त्यांमध्यें अवश्य असाव्या लागतातः—(१) वाहकाची कांब इतकी जाड असावी लागते कीं, तिजमधून जोराची जागृति गेली असतां ती वितळूं नये; (२) तिच्या वरच्या बाजूस हवेंत सोडलेलें टोंक अणकुचीदार असावें; ह्मणजे जमिनींतून प्रवर्तनानें आलेली विद्युत् टोंकांतून सहज निघून जाते; (३) हें टोंक जमिनीशीं वाहकानें सलग जोडलेलें असावें. वाहक आणि जमीन यांचा संबंध होईल तितका उत्कृष्ट असावा; (४) ज्या इमारतीस विजेचा वाहक लाविला असेल, त्याजवर मोठ्या आकाराचे जस्ती पत्रे, पऱ्याचे पन्हळ किंवा दुसरे लोखंडी काम असल्यास त्या सर्वांस मुख्य वाहकाशीं जोडावें. या शेवटल्या दोन गोष्टींकडे लक्ष दिलें नाहीं तर वाहकाजवळ आलेली वीज वाहकास न जोडलेल्या अशा या धातूच्या कामाकडे वळून त्यावर पडते; आणि येणेंकरून वीज पडण्याचें भय जास्त होतें.

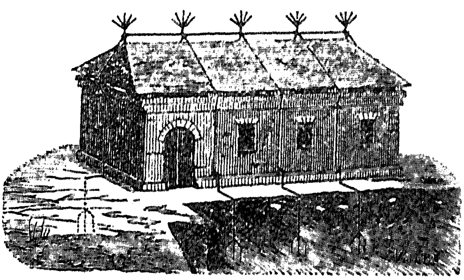
साधा व चांगला वाहक साधारण इमारतीस सहज रीतीनें लावितां येतो. एक इंच किंवा जास्त व्यासाची लोखंडी नळी घराजवळील गटारास जोडून

घराच्या अति उंच भागाच्या वर न्यावी; व जरूर वाटल्यास अणकुचीदार टोंकाचा दांडा माथ्यावर बसवावा. येणेंकरून गटारांतील दुर्गंध वायु नेण्यासही ती नळी उपयोगी पडते; आणि गटारांतील ओलाव्यामुळें तिचा जमिनीशींही चांगला संबंध होतो.

विजेपासून रक्षण करण्याची एक नवीन रीति **ब्रुसेल्स** येथील **मेलसेन** यानें काढिली आहे. धातूच्या जाळीच्या पिंजऱ्यांत एकादा पदार्थ ठेविला, आणि पिंजरा जमिनीशीं जोडिला, तर त्या पिंजऱ्यांतील पदार्थावर पिंजऱ्याबाहेरील विद्युज्जागृत पदार्थाचें कार्य घडत नाहीं (क० २५ पहा). याच तत्वावर वरील गृहस्थानें इमारतीस वाहक लावण्याची युक्ति काढिली आहे.

इमारतीच्या छपरावर आणि त्याच्या बाहेरच्या बाजूंवर जाड लोखंडी तारा लावून त्यांस एकमेकांशीं जोडितात, व त्या सर्वांस पुष्कळ ठिकाणीं जमिनीशीं जोडून आकृति ८३ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें हे वाहक करितात. ज्या ठिकाणीं या वाहक तारांचे जोड असतील अशा मुख्य ठिकाणीं व मुख्यत्वें पाट्यावर वाहक तारांचे अग्र लाविलेले असतात. त्यांतून प्रवर्तनानें जमलेली वीज निघून जाते.

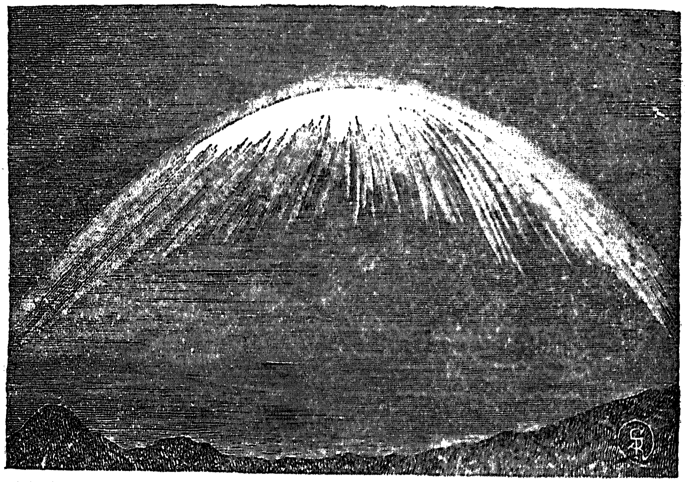
आ० ८३.



६७. उत्तरस्थ किंवा ध्रुवस्थ अरुण किंवा उत्तरस्थ प्रकाश (Aurora Borealis):—पृथ्वीच्या दोहों ध्रुवांकडे परंतु विशेषेंकरून उत्तरध्रुवाकडे वातावरणांत पुष्कळ वेळां दिसणारा हा एक फार अद्भुत तेजोमय देखावा आहे. दिवस मावळतांना क्षितिजांत अंधक प्रकाश प्रथम दिसूं लागतो. पृथ्वीच्या ध्रुवांतून जाणाऱ्या भूमध्यरेषेच्या दिशेंत न दिसतां चुंबनमध्यरेषेच्या दिशेंत दिसतो. याचा प्रकाश हळू हळू बदलत जाऊन त्याची फिकट पिंवळ्या रंगाची कमान बनते, व तिची आंतली, ह्मणजे

अंतरगोल बाजू पृथ्वीकडे असते (आ० ८४ पहा). शेवटीं सर्व क्षितिजावर

आ० ८४.



किरण पसरतात व त्यांचा रंग पिंवळा असतो. तो गडद हिरवा होतो व हिरव्याचा अत्यंत तेजस्वी जांभळा होतो. हे सर्व किरण क्षितिजांत एका बिंदूकडे वळतात. कलल्या चुंबककांट्याची रेषा वाढविली असतां त्या रेषेंत हा बिंदु असतो. याप्रमाणें अखेरीस अत्यंत तेजस्वी अर्धवर्तुळाकार घुमटाचाच हा एक भाग आहे असा देखावा दिसतो.

अशी तेजस्वी कमान बनली ह्मणजे कित्येक तासपर्यंत तशीच दिसते. नंतर तिचें तेज कमी होतें, रंग नाहींसे होतात, आणि हळू हळू किंवा एकाएकीं हा देखावा अदृश्य होतो.

ज्यापेक्षां या देखाव्याच्या अंगीं पृथ्वीची गति असते त्यापेक्षां हा वातावरणांतीलच देखावा असावा असें अनुमान करावें लागतें. चुंबनमध्यपातळीकडे याचा सतत रोंख, आणि चुंबककांट्यावर याचें होणारें कार्य (८) यांवरून वातावरणाच्या उच्चप्रदेशीं वाहणाऱ्या विद्युत्प्रवाहांपासून याची उत्पत्ति होत असावी. हा उत्तरस्थ अरुण दिसत असतां तारायंत्राच्या तारांवर अनियमित पण फार

शक्तिमान् असें आपोआप कार्य घडतें; चुंबककांटे स्थानभ्रष्ट होतात, चुंबकांचे धारक आपोआप आकर्षिले जातात आणि चुंबकघंटा वाजतात. या गोष्टीवरून वरील कल्पनेस बरीच बळकटी आलेली आहे. विशेषेकरून उत्तरेकडील देशांत या उत्तरस्थ अरुणाच्या किंवा प्रभाताच्या देखाव्याच्या वेळीं इतकी गडबड व धांदल होते कीं तारेनें बातमी पाठविण्याचें या वेळीं बंद करावें लागतें. धन व ऋणविद्युल्लतांचे संयोग असे नियमानें व एकसारखे कांहीं वेळ घडतात कीं त्यांपासून खरोखरच विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो आणि पुष्कळ वेळां तारायंत्राच्या तारेचा तारआफिसांतील विद्युन्मालेशीं संगम तोडून याच प्रवाहाचा बातमी पाठविण्यास उपयोग करूं लागतात.

उत्तरस्थ प्रभाताची उंची किती असते हें ठरविण्यासाठीं बरेच प्रयत्न करण्यांत आले. परंतु त्यांपासून उंचीविषयीं कांहीं ठाम अनुमान निघालें नाहीं. **फिनलंड** देशांत ध्रुवासंबंधीं वेध घेण्याची वेधशाळा आहे तिजवरील मुख्य अधिकारी प्रोफेसर **लेमस्ट्राम** यानें असले देखावे पर्वतांच्या शिखरांवर आणि ढगांच्या खालींही पाहिले आहेत. **फिनलंड** देशांतील दोन पर्वतांच्या शिखरांवर विद्युत्कार्यानें असले कृत्रिम देखावेही त्यास उत्पन्न करितां आले. या पर्वतांची उंची अनुक्रमें २६२० फूट व २६२० फूट मात्र होती.

भूगोलांतील ऋणविद्युत् आणि वातावरणांतील धनविद्युत् यांचे ध्रुवाकडील प्रदेशांत संयोग होऊन ज्या ठिणग्या उत्पन्न होतात त्यांपासून उत्तरस्थ अरुणाचा ह्मणजे प्रभाताचा देखावा दिसतो असें अनुमान **डि ला रिव्ह** यानें काढिलें आहे. या अनुमानाच्या पुष्टीकरणार्थ जो त्यानें प्रयोग केला, त्याचें वर्णन पुढें प्रकरण १२ मध्यें केलें आहे.

६८. प्रकाशाचे तेजस्वी झुबके किंवा तारे:—मोठमोठीं जहाजें व आगबोटी यांचीं उंच शिडें व डोलकाठ्या यांच्या माथ्यावर कित्येकदां प्रकाशाचे ब्रश किंवा झुपकेदार लोळ किंवा तारे दिसतात. वारंवार विजेच्या यंत्रापासून ठिणग्या घेतांना जसा तडतड आवाज होतो त्याप्रमाणें ध्वनिही निघतो. यास इंग्रज खलाशी सेंट एल्मोचा अग्नि असें नांव देतात. (St. Elmo's Fire).

आल्प्स पर्वतावर चढणाऱ्या प्रवाशांपाशीं ज्या छड्या व अणकुचीदार

टोंकाच्या टेंकण्याच्या काठ्या असतात त्यांवर अशा प्रकारचे तेजस्वी प्रकाशलोळ किंवा तारे पुष्कळ वेळां दिसतात. तसेंच इमारतीच्या विद्युद्वाहकांच्या टोंकांवरही रात्रीं व वादळाच्या वेळीं दिवसासही असले देखावे दिसतात.

असे देखावे प्राचीनकाळच्या लोकांसही माहीत होते असें दिसतें. शिपायांच्या भाल्यांच्या टोंकांवर तेजस्वी तारे दिसल्याचा उल्लेख **प्लिनी** यानें केला आहे. असे दोन तारे दिसले, ह्मणजे त्या दोन वनदेवता (**क्यास्टर व पोलक्स**) समजून शुभ शकुन आहे असें प्राचीनकाळचे लोक समजत; आणि एकच दिसला, ह्मणजे त्याचें त्याची बहीण **हेलेना** इशीं साम्य करून अपशकुन समजत.

हा देखावा केवळ प्रवर्तनाचा परिणाम असतो. वातावरणांतील विद्युल्लतेचें वाहकांवर प्रवर्तककार्य घडून त्यांतील उदासीन द्रवाचें पृथग्भवन होतें व विजातीय विद्युल्लता आकर्षिली जाते. ही विजातीय विद्युत् शिडांच्या, भाल्यांच्या किंवा विद्युद्वाहकांच्या टोंकांत जमून वातावरणांतील धनविद्युल्लतेशीं संयोग पावते व त्यामुळें धन किंवा ऋणविद्युत् जमेल त्याप्रमाणें प्रकाशाचा झुपका किंवा तारा दिसतो. विद्युद्यंत्राच्या वाहकावर अणकुचीदार टोंक ठेवून अंधेरांत यंत्र चालविलें ह्मणजे असाच परिणाम घडतो.

६९. उंच मनोऱ्यावर दिसणारे वातावरणांतील विद्युल्लतेचे देखावे:—वादळ सुटलें असतां मिसर देशांतील उंच मनोऱ्यांवर चमत्कारिक देखावे **सीमेन** यानें पाहिले आहेत. मनोऱ्याकडे हात लांब करून बोट दाखविलें तेव्हां चमत्कारिक हिस्स असा आवाज ऐकूं येऊं लागला व त्याबरोबर अंगांत रिवरिवी उत्पन्न झाली. दारवेची बाटली हातांत घेऊन कथलाच्या वर्खानें मढविलेलें तिचें बूच मनोऱ्याकडे हात लांब करून दाखवितांच तसलाच आवाज ऐकूं आला व बुचावरील कथलाच्या वर्खापासून हाताकडे एकसारख्या ठिणग्या जाऊं लागल्या; आणि **सीमेन** यानें दुसऱ्या हातानें बुचास स्पर्श करितांच मोठा धक्का बसला.

यांत बाटलींतील द्रव बुचास लागलेला असल्यानें तें विद्युद्घटाचें अंतर्कवच झालें होतें व ज्या हातांत बाटली धरली, तो हात बाह्यकवच झालें, आणि दुसऱ्या हातानें दोहोंचा संगम होतांच धक्का बसला.

बाटलीवर ओला कागद लावून विद्युद्घट थोडा सुधारतांच जास्त मोठ्या ठिणग्या अर्धा इंच अंतरावर येऊं लागल्या आणि सीमेनचा हात ज्या नोकरानें धरला होता त्याच्या नाकाजवळ सीमेन यानें बाटली नेतांच, वीज पडून धक्का बसावा, तसला धक्का बसून तो खालीं पडला.

प्रकरण ७.

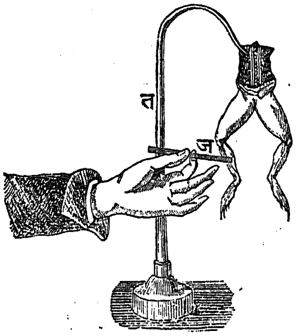
रसायनकार्यापासून उत्पन्न होणारी विद्युत्.

विद्युच्चक्रमाला.

७०. गाल्व्हेनीचा प्रयोगः—आपणास मागें असें समजलें आहे कीं, घर्षण आणि रसायनसंयोग हीं दोन विद्युत् उत्पन्न करण्याचीं मोठीं साधनें आहेत. यांपैकीं घर्षणजन्य विद्युल्लतेचें वर्णन केलें. आतां रसायनजन्यविद्युल्लतेविषयीं विचार करूं. ही विद्युत् कांहीं नव्याच जातीची नसून घर्षणजन्य विद्युल्लतेच्याच जातीची असते. मात्र ही वीज उत्पन्न करण्याची रीति घर्षणाहून फार भिन्न असते. या रीतीनें हवी तेवढी विद्युत् उत्पन्न करितां येते, आणि हिचे परिणामही फार विलक्षण घडतात.

बोलोना येथील शारीरशास्त्राचा गुरु **गाल्व्हेनी** यास या दुसऱ्या रीतीनें उत्पन्न होणाऱ्या विद्युल्लतेच्या परिणामांचा शोध सन १७९० सालीं लागला. सहजीं एका विशेष गोष्टीकडे त्याचें लक्ष गेल्यानें त्यास हा शोध लावितां आला. असें सांगतात कीं, त्याच्या सज्ज्यावरील लोखंडी कठड्यास तांब्याच्या तारेच्या आंकड्यानें एक मेलेला बेडूक त्यानें कांहीं कारणाकरितां टांगला होता. या मृत बेडकाच्या तंगड्या कठड्याच्या लोखंडी खांबास कांहीं कारणानें लागतात, तेव्हां त्याच्या शिरा जोरानें आंखडतात, असें **गाल्व्हेनी** यानें पाहिलें. त्यावरून असें कोणत्या कारणांनीं घडतें, याचा विचार करितां करितां त्यानें याविषयीं अनेक गोष्टींचा

आ० ८५.



शोध लाविला. हाच प्रयोग पुनः करून पाहणें झाल्यास खालीं लिहिल्याप्रमाणें करितां येतो. एक ताजा मारलेला बेडूक घेऊन त्यावरील कातडी सोलून काढावी, आणि त्याच्या मणक्याच्या हाडांत एक तांब्याची तार खोवून तिनें एका तांब्याच्या आंकड्यास त्यास टांगावें. आतां जर त्याच्या तंगड्या व तांब्याच्या आंकड्याचा उभा दांडा यांचा क्षणभर जस्ती पत्र्याच्या पट्टीनें संयोग केला, तर प्रत्येक संयोगकाळीं बेडकाच्या शिरा खूब आंखडतात, (आ० ८५ पहा).

घर्षणजन्य विद्युत् यंत्राच्या विद्युल्लतेनें मेलेल्या बेडकांच्या शिरा याच तऱ्हेनें आंखडतात असें **ग्याल्व्हेनी** यानें पूर्वीं पाहिलें होतें. त्यावरून त्यानें असें अनुमान केलें कीं, प्राण्यामध्यें स्वभावतः विद्युत् असते व तिजमुळें हे परिणाम घडतात. या विद्युल्लतेस त्यानें **चेतनावर्धक द्रव** (व्हायटल फ्लुइड) असें नांव दिलें. आणि हा द्रव शिरांपासून स्नायूमध्यें धातूंच्या संगमानें गेला व त्यामुळें प्राण्यांचे अवयव आंखडले असें त्यानें प्रतिपादन केलें. शारीरशास्त्रवेत्त्यांस ही कल्पना सयुक्तिक दिसली व त्यांनीं हे विचार पुढें चालविण्यास त्यास उत्तेजन दिलें. परंतु ही कल्पना बरोबर नाहीं असें ह्मणणारेही पुष्कळ निघाले, व त्यांनीं ग्याल्व्हेनी याच्या कल्पनेवर पुष्कळ टीका केली. या टीकाकारांत **प्याव्हिया** येथील पदार्थविज्ञानशास्त्राचा गुरु **व्हाल्टा** हा मुख्य होता.

७१ व्हाल्टाचा मुख्य प्रयोगः— बेडकाचे स्नायु व त्याच्या शिरा यांच्याकडे मात्र ग्याल्व्हेनीचें मुख्यत्वें लक्ष गेलें होतें. त्यांस जोडणाऱ्या धातूंकडे **व्हाल्टाचें** लक्ष गेलें. शिरा व स्नायु यांस एका धातूनें जोडलें ह्मणजे जितकें आकुंचन होतें त्यांहून जोडण्यास दोन धातु घेतले ह्मणजे जास्त आकुंचन होतें असें ग्याल्व्हेनी यासही आढळलें होतें. त्यावरून प्राण्याचें

अवयव आंखडतात यास मुख्य कारण धातु आहेत, असें **व्हाल्टानें** प्रतिपादन केलें. तो असें ह्मणूं लागला कीं, धातूंच्या संगमानें विद्युत् उत्पन्न होते; आणि प्राणिज अवयवांचा फक्त वाहकांप्रमाणें व फार सूक्ष्म अशा विद्युद्दर्शकाप्रमाणें उपयोग होतो.

त्यानें विद्युद्दर्शकाचा नुकताच शोध लाविला होता. त्याच्या सहाय्यानें धातूंच्या संगमानें विद्युत् उत्पन्न होते, असें दाखविण्याच्या **व्हाल्टानें** अनेक रीति काढिल्या. त्यांपैकीं पुढें दिलेली फार सोपी आहे.

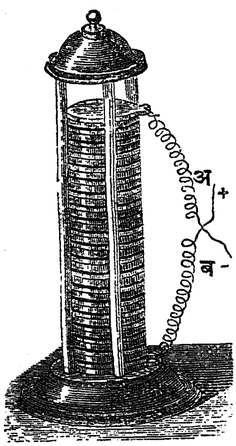
संचायक विद्युद्दर्शकाच्या वरच्या पत्र्यावर ओलें बोट ठेवावें (आ० ६२); तांब्याच्या दांड्यास जस्ताचा दांडा डांकानें जोडून केलेला एक संयुक्त दांडा घेऊन त्याचा जस्तीभाग दुसऱ्या हातानें धरून तांब्याचा भाग खालच्या पत्र्यास लावावा; आणि नंतर बोट व संयुक्त दांडा यांस काढून घेऊन मग वरचा पत्रा काढून घ्यावा; ह्मणजे दर्शकाचे सोन्याचे वर्ख फांकतात व त्यांमध्यें ऋणविद्युज्जागृति असते असें दाखवितां येतें. यास्तव तांबें व जस्त यांस डांकानें जोडलें ह्मणजे तांबें ऋणविद्युतेनें जागृत होतें, व जस्त धनविद्युतेनें जागृत होतें, आणि तांब्यानें स्पर्श केल्यामुळें त्याची ऋणजागृति वर्खांत जाते. या ठिकाणीं घर्षण किंवा दाब यांनीं विद्युत् उत्पन्न होत नाहीं. कारण दर्शकाचा पत्रा तांब्याचा असतो, त्यास तांब्याच्या जागीं जस्ती भागानें स्पर्श केलें, व तांब्याचा भाग हातांत धरिला, तर कांहीं विद्युत् उत्पन्न होत नाहीं.

गाल्व्हेनी आणि **व्हाल्टा** या दोघांमध्यें याविषयीं मोठा वाद चालू झाला. व्हाल्टानें आपली संगमजन्य कल्पना खरी आहे असें प्रतिपादन केलें व तिचा प्रसार तो जास्त करूं लागला. त्यानें असें तत्व काढिलें कीं, दोन विजातीय पदार्थ परस्पर सन्निध आले, ह्मणजे त्यांपैकीं एक नेहमीं धनजागृतावस्था धारण करितो, व दुसरा ऋणजागृतावस्था धारण करितो. या **व्हाल्टाच्या** कल्पनेस त्या काळच्या मुख्य विद्वानांचीही मान्यता मिळाली.

७२. व्हाल्टाची विद्युद्राशीः—या संगमजन्यविद्युदुत्पत्तीच्या कल्पनेविषयीं विचार करितां करितां **व्हाल्टानें** सन १८०७ सालीं आपली प्रसिद्ध विद्युद्राशी शोधून काढिली. तिला **व्हाल्टाची विद्युद्राशी** ह्मणतात. हें यंत्र पाहून लोक आश्चर्यानें चकित झाले, व त्या राशीनें **व्हाल्टाचें** नांव अमर

करून सोडिलें आहे. संगमस्थानें वाढविण्याकरितां व त्या प्रत्येकीपासून उत्पन्न झालेली विद्युत् जमविण्याकरितां जस्ती पत्र्याचा गोल तुकडा, त्यावर तांब्याच्या पत्र्याचा तुकडा, व त्यावर आसिडमिश्रित पाण्यांत भिजविलेला लोंकरी कपड्याचा तुकडा; त्यावर पुनः जस्ताचा पत्रा, तांब्याचा पत्रा, व कपड्याचा तुकडा, या क्रमानें अनेक तुकडे एकावर एक रचून आकृति ८६ मध्यें दाखविल्यासारखी त्यानें राशी बनविली. त्यांत अगदीं खालचा पत्रा जस्ताचा होता व वरचा पत्रा तांब्याचा होता. त्या दोहोंस तारा जोडून त्यांचीं टोंकें एकत्र आणितांच बरीच विद्युत् निघूं लागली, आणि व्हाल्टाच्या कल्पनेवर लोकांचा जास्त विश्वास बसला. त्या वेळच्या **आरेगो** या विद्वानानें राशीविषयीं असें ह्मटलें आहे:–"ही राशी जरी दिसण्यांत निर्जीव आहे, आणि हिजमधील धातूंच्या पत्र्यांचे जोड थोड्याशा द्रवानें परस्परांपासून वेगळे झालेले आहेत, तरी तिजपासून जे विलक्षण परिणाम घडतात, त्यांवरून आजपर्यंत ज्या विलक्षण यंत्रांचा शोध लागला, त्या सर्वांत या राशीस उच्चस्थान दिलें पाहिजे, असें ह्मणण्यास मला कांहीं हरकत वाटत नाहीं." आणखी तो असें ह्मणाला कीं, "दुर्बीण व वाफेचें यंत्र याहूनही याची जास्त मातब्बरी आहे." यावरून त्या वेळच्या मोठ्या विद्वानांस सुद्धां या राशीचें किती महत्व वाटलें होतें, हें उघड आहे.

आ० ८६.



व्हाल्टाच्या मताप्रमाणें जस्त व तांबें यांचा एक जोड झाला ह्मणजे विद्युच्चक्र बनतें. बाजूच्या आकृतींत असे २० जोड ओल्या कपड्यानें परस्परांपासून वेगळे केलेले असे एकावर एक रचलेले आहेत. खालीं जस्ताचा पत्रा आहे. व वरती तांब्याचा आहे. हिचा शोध लाविल्यानंतर हिजमध्यें पुष्कळ फेरफार व सुधारणा करण्यांत आल्या आहेत. तथापि याच जातीच्या सर्व यंत्रांस पुष्कळ वेळां विद्युद्राशी हें नांव देतात; आणि तिजपासून जी विद्युत्

निवते तिला तिच्या शोधकांवरून **व्हाल्टाची** किंवा **ग्याल्व्हेनीची विद्युत्** असें ह्मणतात.

७३. रसायनकार्यानें विद्युल्लतेची उत्पत्तिः—व्हाल्टानें जेव्हां संगमकल्पना प्रसिद्ध केली, आणि राशींत कसें कार्य घडतें, याचें स्पष्टीकरण केलें, तेव्हां व्हाल्टाच्या ह्मणण्यावर पुष्कळांनीं टीका केली. आसिडमिश्रित पाण्याच्या सान्निध्यानें जस्ताचे पत्रे जंगलेले पाहून व्हाल्टाचा देशबंधु **फाब्रोनी** यानें असें अनुमान काढिलें कीं, जस्ताचे पत्रे जंगण्यांत जें रसायन-कार्य झालें, तेंच विद्युत् उत्पन्न होण्याचें मुख्य कारण असावें. इंग्लंददेशांत **उलास्टन** यानें हेंच मत प्रसिद्ध केलें; आणि **डेव्ही** यानें अनेक गमतीच्या प्रयोगांनीं या मताचें पुष्टीकरण केलें.

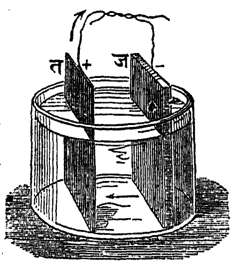
संगमकल्पनेच्या मुख्य प्रयोगांत (७१) व्हाल्टा यास विद्युत् उत्पन्न झाल्याचीं लक्षणें दिसलीं, हें खरें आहे. परंतु **डी ला रीव्ह** यानें असें सिद्ध करून दाखविलें कीं, जस्तास लांकडी दांड्यानें हातांत धरून तांब्याच्या पत्र्यास त्यानें स्पर्श केला, तर विद्युत् उत्पन्न झाल्याचीं कांहीं चिन्हें दिसत नाहींत. त्याच-प्रमाणें ज्या वायूंचें जस्तावर रसायनकार्य घडत नाहीं, अशा हैड्रोजन किंवा नैत्रोजन वायूंत जस्त व तांबें यांचे पत्रे एकमेकांस लावून ठेविले तर ही कांहीं विद्युत् उत्पन्न होत नाहीं. यावरून व्हाल्टाच्या मूळच्या प्रयोगांत हाताचा घाम आणि हवेंतील आक्सिजन यांचें जस्तावर रसायनकार्य घडून विद्युत् उत्पन्न झाली, असें **डी ला रीव्ह** यानें अनुमान काढिलें. तथापि व्हाल्टाच्या विद्युत्राशींत विद्युत्उत्पत्ति कशी होते, याविषयीं अद्याप समाधानकारक निर्णय त्या वेळीं झाला नव्हता, हें मात्र कबूल केलें पाहिजे.

वरच्या सारख्या अनेक प्रयोगांनीं असें दाखवितां येतें कीं, सर्व प्रकारच्या रसायनकार्यांत विद्युत् समतोलन बिघडून धन व ऋणविद्युत् वेगळ्या होतात. ज्यांवर रसायनकार्यें होतात, ते पदार्थ घन, द्रव, किंवा वायुरूपांत असले, तरी हा प्रकार घडतो. तथापि धातु आणि द्रव यांमध्यें जीं रसायनकार्यें होतात, त्यां सर्वांपासून जास्त विद्युत् उत्पन्न होते. या सर्व परिणामांमध्यें एक साधारण तत्व असतें. जेव्हां द्रवाचें धातूंवर रसायनकार्य घडतें, तेव्हां द्रवास धनजागृतावस्था प्राप्त होते, व धातूंस ऋणजागृतावस्था प्राप्त होते. यावरून

व्हाल्टाच्या राशींत विद्युत्उत्पत्ति कशी होते, हें सहजीं उघड दिसतें, व पुढील साध्या प्रयोगानें या कल्पनेस जास्त पुष्टीकरण येतें.

७४. प्रवाहविद्युत्:—जस्त व तांबें या धातूंचे पत्रे जलमिश्रित सल्फ्युरिक आसिडांत अंशतः बुडविले ह्मणजे सूक्ष्मविद्युद्दर्शक यंत्रानें जस्ताच्या पत्र्यांत निर्बल अशी ऋणजागृति असते, आणि तांब्याच्या पत्र्यांत निर्बल धनजागृति असते, असें दाखवितां येतें. त्याचप्रमाणें जस्ताच्या पत्र्यापासून थोडा हैद्रोजनही निघत असतो. आतां या दोहों पत्र्यांस जर एकमेकांस लावून ठेविलें, किंवा त्या दोहोंस एका धातूच्या तारेनें जोडलें, तर रसायनकार्य वाढतें; हैद्रोजन जास्त निघूं लागतो. परंतु आतां जस्ताच्या पत्र्यापासून हैद्रोजन न निघतां तांब्याच्या पत्र्यापासून निघतो (आ० ८७ पहा). त्या दोहोंस जोडणाऱ्या तारेची परीक्षा केली, तर दोहों विजातीय विद्युल्लतांचा संगम होत असतां जीं विशेष लक्षणें दिसतात, तीं सर्व या तारेंत असतात. उदाहरणार्थ—या तारेनें उष्णताजन्य, चुंबकजन्य, प्रकाशजन्य, आणि चुंबनीय असे सर्व परिणाम घडतात. जोंपर्यंत धातु द्रवांत असतात, तोंपर्यंत त्यांच्या विजातीय विद्युत्स्थिति असतात. दोहोंतील दोन्ही विजातीय विद्युल्लतांचा तारेनें संयोग होऊन त्या निर्वीर्य होतात; परंतु पुनः त्या स्थिति त्यांस तत्काळ प्राप्त होतात; व पुनः तत्काळ दोहोंच्या विजातीय विद्युल्लतांचा संयोग होतो. अशा स्थिति धातूंच्या पत्र्यांस इतक्या जलद व इतक्या थोड्या अवकाशांत एकामागून एक अशा क्रमानें प्राप्त होतात कीं, त्यांमध्यें कांहीं अवधि न जातां बहुतेक एकसारख्याच प्राप्त होतात, असें मानतां येतें, आणि तारेंतून विद्युत्प्रवाहच वाहत आहे असें ह्मणतां येतें. दोहों पत्र्यांस जोडणाऱ्या तारेंत प्रवाह तांब्यापासून जस्ताकडे वाहतो, आणि द्रवांत जस्तापासून तांब्याकडे वाहतो, असें समजतात. याच दिशेनें धनविद्युत् वाहत असते, असें मानतात. आणि तारेंत ऋणप्रवाहाची दिशा जस्तापासून तांब्याकडे असते.

आ० ८७.



७५. घर्षणजन्य आणि रसायनजन्य विद्युल्लतांमधील साम्यः—घर्षणजन्य आणि रसायनजन्य विद्युल्लतांविषयीं विचार करीत असतां या दोहोंमध्यें कांहीं विशेष प्रकारचा भेद आहे, असें त्यापासून गर्भित होतें, असें मात्र कोणीं समजूं नये. विद्युत् उत्पन्न करण्याच्या रीतींत मात्र भेद असतो. पहिल्या प्रकारच्या विद्युल्लतेंत दाबाचे परिणाम घडतात, ह्मणून तिला कधीं कधीं **स्थिरविद्युत्** ह्मणतात; आणि दुसरींत एकसारख्या वाहणाऱ्या प्रवाहाचे परिणाम घडतात, ह्मणून तिला **गतिविशिष्ट किंवा प्रवाह-विद्युत्** ह्मणतात. घर्षणजन्य आणि रसायनजन्य विद्युल्लतांमध्यें जातीचा भेद नाहीं. फक्त दोहोंच्या जोरांत भेद असतो. रसायनजन्य विद्युल्लतेंत दोहीं विद्युल्लतांचा वरचेवर एकामागून एक असे संयोग घडून विद्युत्प्रवाह उत्पन्न झालेला असतो, असें मानतां येईल; आणि घर्षणजन्य विद्युल्लतेंत दोहीं विद्युल्लतांचा एकदम संयोग होऊन जी ठिणगी दिसते, त्यास अति अल्पकाळ राहणारा विद्युत्प्रवाह असें मानतां येईल. घर्षणजन्य विद्युल्लतेनें जे परिणाम घडतात, ते सर्व रसायनजन्य विद्युल्लतेनें उत्पन्न करितां येतात; आणि रसायनजन्य विद्युल्लतेनें जे परिणाम घडतात, व ज्यांचें वर्णन पुढें केलें आहे, ते सर्व परिणाम घर्षणजन्य विद्युल्लतेनें उत्पन्न करितां येतात. दोहोंमध्यें व्यावहारिक भेद असा आहे कीं, जे परिणाम एकीनें सहज उत्पन्न होतात, तेच दुसरीनें उत्पन्न करण्यास प्रयास लागतात. घर्षणजन्य विद्युल्लतेच्या सर्व प्रयोगांत अगदीं साधा प्रयोग ह्मटला ह्मणजे लाखेची कांडी घेऊन घांसली ह्मणजे तिच्या अंगीं हलके पदार्थ आकर्षण करण्याची शक्ति येते, व येणेंकरून तिच्या अंगीं विद्युत्जागृति असल्याचें सिद्ध होतें. रसायनजन्य विद्युल्लतेनेंही हें आकर्षण दाखवितां येतें. परंतु फार सूक्ष्म व नाजूक रीतीनें टांगलेल्या भेंडाच्या गोटीचें किंचित् स्थलांतर उत्पन्न करण्यास फार विद्युच्चक्रांची सांगड ध्यावी लागते. रसायनजन्य विद्युल्लतेच्या प्रवाहाचें अस्तित्व चुंबककांट्याच्या स्थलांतरानें सहज दाखवितां येतें, व हें स्थलांतर कसल्याही ओबडधोबड यंत्रानेंही दाखवितां येतें. चुंबककांट्याचें स्थलांतर घर्षणजन्य विद्युल्लतेनेंही दाखवितां येतें. परंतु तें दाखविण्यासाठीं विशेष जपून प्रयोग करावा लागतो, व फार सूक्ष्म व नाजूक असें विद्युन्मापक घ्यावें लागतें (कलम ९७ पहा). घर्षणजन्य विद्युल्लतेंत विजेची

विद्युन्माला घ्यावी लागते.

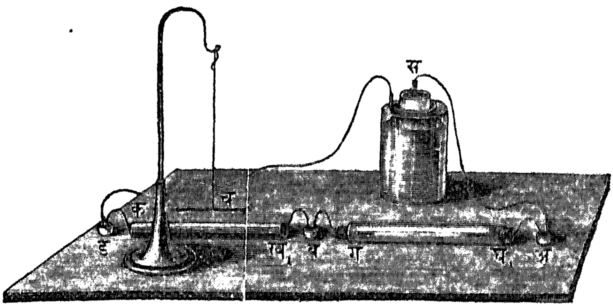
७६. विद्युच्चक्र, विद्युच्चालक श्रेणी:—दोन धातु एका द्रवांत बुडवून त्यांस धातूच्या तारेनें जोडिलें, ह्मणजे जी रचना होते, व जिचें वर वर्णन केलें तें सार्थे **विद्युच्चक्र** होय. जेव्हां दोहों धातूंचा तारेनें संयोग झालेला नसतो, तेव्हां विद्युत्प्रवाह वाहत नाहीं, व तें चक्र **अपूर्ण** किंवा **अपुरें** आहे असें ह्मणतात;—आणि त्या पत्र्यांस एकमेकांस लावून ठेवून किंवा वाहकाच्या साधनानें जोडिलें ह्मणजे विद्युत्प्रवाह वाहतो, आणि तें चक्र **पूर्ण** किंवा **पुरें** झालें असें ह्मणतात.

रसायनजन्य विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होण्यास दोहों धातूंपैकीं एका धातूवर द्रवाचें कार्य घडूं नये ही गोष्ट अवश्य आहे, असें नाहीं; परंतु द्रवाचें रसायन-कार्य एका धातूवर दुसऱ्या धातूपेक्षां जास्त घडलें पाहिजे. जर दोहों धातूंपैकीं एका धातूवर मुळींच कार्य घडलें नाहीं, तर एकाहून दुसरीवरचें कार्य अतिशय आहे असें सहज समजतां येतें; ह्मणून अशा दोन धातूंचें चक्र घेणें हे उत्तम होय. ज्या धातूच्या पत्र्यावर अतिशय रसायनकार्य घडतें त्यास धन किंवा उत्पादक पत्रा ह्मणतात; आणि ज्यावर फार थोडें कार्य घडतें त्यास ऋण किंवा संचायक पत्रा ह्मणतात. द्रवांत ज्या धातूवर जास्त कार्य घडतें, त्या धातूपासूनच तें कार्य दुसऱ्या धातूपर्यंत जातें. ह्मणून द्रवांत धनपत्र्यापासून ऋणपत्र्याकडे प्रवाह वाहतो आणि द्रवाबाहेर ऋणपत्र्यापासून उलट धनपत्र्याकडे येऊन **विद्युन्मंडल** पुरें होतें.

प्रवाहाची दिशा असें मोघम ह्मटलें ह्मणजे नेहमीं धनप्रवाहाची दिशा असें समजतात. गोंधळ न व्हावा ह्मणून उलट दिशेनें ऋणप्रवाह मुळींच नसतो, असें समजतात.

प्रवाहमंडल पुरें करण्यास कसलींही भिन्न भिन्न द्रव्यें घेतलीं, तरी प्रवाहाचा जोर मंडलाच्या सर्वभागीं सारखा असतो. आ० ८८ मध्यें दाखविलेल्या प्रयोगानें हें सिद्ध करितां येतें. या प्रयोगांत **स** हें विद्युच्चक्र आहे, **क ख**

आ० ८८.



ही एक तांब्याच्या पत्र्याची नळी आहे, **ग घ** ही एक मिठवण्यानें भरलेली कांचेची नळी आहे, यांस तारांनीं विद्युच्चक्रास जोडून दोहों नळ्यांपैकीं कोण-त्याही नळीवर फिरता **च** चुंबककांटा धरिला, तरी त्याचें सारखें स्थलांतर होतें, व तो सारखेच हेलकावे खाऊन स्थिर होतो (आ० ८८ पहा). आकृतींत नळ्या व विद्युच्चक्र यांच्या तारा पारा असलेल्या छोट्या पेल्यांत बुडवून परस्परांस जोडलेल्या आहेत.

ज्या द्रवाचें कार्य एका धातूवर दुसऱ्या धातूंपेक्षां जास्त होतें, असे दोन धातु घेऊन व परस्परांस धातूच्या तारेनें जोडून त्या द्रवांत घातले, ह्मणजे रसायन-जन्य विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो. ह्मणून असले प्रवाह उत्पन्न करण्यास कोण कोणत्या धातूंचा कसा जोड करावा, हें समजणें फार महत्वाचें आहे. विद्युद्व-र्तनावरून धातूंची एक श्रेणी केलेली आहे, त्या श्रेणीस **विद्युच्चालक श्रेणी** ह्मणतात; या श्रेणींत अत्यंत धनध्रुवी पत्रा एका कडेस आहे, व अत्यंत ऋणध्रुवी पत्रा दुसऱ्या कडेस आहे. ह्मणून यांपैकीं कोणतेही दोन धातु जलमिश्रित आसिडांत एकमेकांस लावून किंवा तारेनें जोडून ठेविले, तर त्यांस जोडणाऱ्या तारेंत श्रेणींतील खालच्या धातूपासून वरच्या धातूकडे प्रवाह जातो. ही श्रेणी खालीं दिली आहे.

१ जस्त.	४ निकेल.	७ सोनें.
२ शिसें.	५ तांबे.	८ प्लाटिनम.
३ लोखंड.	६ रुपें.	९ ग्राफाइट किंवा कोक.

यावरून जलमिश्रित आसिडांत लोखंड घातलें तर तें जस्ताशीं ऋणध्रुवी असेल, परंतु खालच्या तांब्याशीं धनध्रुवी असेल. परंतु लोखंड आणि जस्त या दोहोंशीं तांबें ऋणध्रुवी असेल, परंतु त्याखालील रुपें, प्लाटिनम आणि कोक यांशीं धनध्रुवी असेल.

द्रवांचीं दोहों धातूंवर जीं रसायनकार्यें होतात, त्यांत अंतर असल्यामुळें जी शक्ति उत्पन्न होते, तिला **विद्युच्चालक शक्ति** (Electromotive force) किंवा **बलांतर** (Difference of Potential) असें ह्मणतात. वरील श्रेणींत दोहों धातूंचें एकमेकांपासून जें अंतर असेल त्या प्रमाणांत ही शक्ति असते. ह्मणजे द्रवांत बुडविलेल्या दोहों धातूंवरील रसायनकार्यांत ज्याप्रमाणें जास्त अंतर असेल, त्याप्रमाणें ही शक्ति जास्त मोठी असते. याप्रमाणें जस्त आणि लोखंड आणि जस्त व तांबें यांमधील विद्युचालकशक्तीपेक्षां जस्त आणि प्लाटिनम यांमधील विद्युच्चालकशक्ति जास्त असते.

विद्युच्चक्र करण्यास जे दोन धातु घेतले असतील त्यांचे धर्म, आणि ज्या द्रवांत त्यांस बुडविलें असेल त्यांचे धर्म, यांवर त्यांच्या चक्राची विद्युच्चालक शक्ति[1] अवलंबून असतें; धातूंच्या पत्र्यांचे आकार किंवा द्रवाचें परिमाण यांवर अवलंबून नसतें; ह्मणजे धातूचे पत्रे कितीही लहान मोठे घेतले आणि द्रव कितीही जास्त कमी घेतला, तरी त्यापासून विद्युच्चालकशक्ति सारखीच उत्पन्न होते. जस्ताचा एक लहानसा तुकडा व तांब्याच्या तारेचा तुकडा यांस जलमिश्रित आसिडांत बुडविलें, तर त्यांची विद्युच्चालकशक्ति केवढ्याही आकाराचे पत्रे घेतले तरी त्यांच्या विद्युचालकशक्तीबरोबरच असेल. कोणत्याही ठिकाणीं पाण्याचा दाब, त्याची पाण्याच्या पृष्ठभागापासून जेवढी खोली असेल त्या प्रमाणांत असतो. मग तो पृष्ठभाग लहानशा हौदाचा असो, तळ्याचा असो

१ ज्या शक्तीनें विद्युत् एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं जाते तिला विद्युच्चालकशक्ति ह्मणतात. दोन ठिकाणांपैकीं एके ठिकाणीं तिचा जोर किंवा तिचें बल जास्त असतें व दुसऱ्या ठिकाणीं कमी असतें; तेव्हां जास्त बलाच्या ठिकाणापासून कमी बलाच्या ठिकाणाकडे ती जाते, ह्मणून विद्युल्लतेचें हें वहन बलांतरावर अवलंबून असतें ह्मणून यास बलांतर हेंही नांव दिलें आहे. पाणी जसें उंच ठिकाणाहून खोल ठिकाणीं आपोआप वाहतें तद्वतच हा प्रकार घडतो.

किंवा समुद्राचा असो. मूळ पाण्याच्या परिमाणावर हा अवलंबून नसतो. याच दाबाप्रमाणें विद्युच्चालक शक्तीची गोष्ट असते. जलस्थितिशास्त्रांतील व विद्युच्छास्त्रांतील क्रियांमध्यें फार साम्य असतें असें अनेक दुसऱ्या उदाहरणांनींही दाखवितां येईल. एकमेकांस जोडलेल्या भांड्यांतील द्रवांच्या पृष्ठभागांमध्यें ह्मणजे त्यांच्या सपाट्यांमध्यें जसें अंतर असेल त्या प्रमाणानें वरच्या सपाटीपासून खालच्या सपाटीवर पाण्याचा वाहण्याचा जोर अवलंबून असतो; त्याचप्रमाणें दोहों धातूंच्या विद्युत्सपाट्यांमध्यें ह्मणजे दोहोंवरील द्रवाच्या रसायनकार्यांत जसें अंतर असेल, त्यावरच विद्युल्लतेचा वाहण्याचा जोर किंवा विद्युच्चालक जोर अवलंबून असतो. दोहों धातूंवर जास्त कमी कार्य झाल्यानेंच विद्युल्लतेस जास्त कार्य होणाऱ्या धातूपासून कमी कार्य होणाऱ्या धातूकडे गति मिळते किंवा विद्युत् वाहूं लागते.

७७. ध्रुव किंवा विद्युत्पथः—विद्युच्चक्राच्या कडेच्या दोन पत्र्यांस जोडणाऱ्या तारेस जर मध्यें तोडलें, तर प्रवाहाची उत्पत्ति व त्याची दिशा यांविषयीं जें वर सांगितलें, त्यावरून तांबें किंवा ऋणपत्रा यास जोडलेल्या तारेच्या टोंकांत धनविद्युत् असेल, आणि जस्त किंवा धनपत्र्यास जोडलेल्या तारेच्या टोंकांत ऋणविद्युत् असेल. या दोहों शेवटांस किंवा टोंकांस चक्राचे किंवा मालेचे **ध्रुव** ह्मणतात. प्रयोगासाठीं आणि मुख्यत्वें क्षारांच्या पृथग्भवनासाठीं प्लाटिनम धातूच्या पत्र्याचे तुकडे टोंकांस जोडतात. या टोंकांस ध्रुव ह्मणण्याच्या बदला त्यांस **विद्युत्पथ** असें नांव दिलें तरी चालेल. कारण दोन्ही विद्युत् बाहेर पडण्याचे हेच पथ किंवा मार्ग असतात. धनपत्रा आणि धनध्रुव किंवा धनविद्युत्पथ यांमधील भेद पुरा लक्षांत ठेवावा; ऋणपत्र्यास जोडलेल्या तारेच्या टोंकास **धनध्रुव** किंवा **धनविद्युत्पथ** ह्मणतात, आणि धनपत्र्यास जोडलेल्या तारेच्या टोंकास **ऋणध्रुव** किंवा **ऋणविद्युत्पथ** ह्मणतात. तसेंच धनपत्र्यावर रसायनकार्य सुरू होऊन विद्युत् ऋणपत्र्याकडे जाते, ह्मणून द्रवांत धनपत्र्यापासून विद्युल्लतेचा ओघ ऋणपत्र्याकडे असतो, आणि ऋणपत्र्यापासून तारेंतून परत तो ओघ धनपत्र्याकडे येतो, ह्मणून द्रवांत विद्युत्प्रवाह धनपत्र्यापासून ऋणपत्र्याकडे वाहतो, आणि चक्राबाहेर ऋणपत्र्यापासून धनपत्र्याकडे वाहतो, व हीच प्रवाहाची मुख्य दिशा समजतात, हेंही लक्षांत ठेवावें.

७८. विद्युच्चक्रमाला:—अनेक जोड किंवा अनेक विद्युच्चक्रें घेऊन एका चक्रांतील जस्त दुसऱ्यांतील तांब्यास जोडिलें, आणि दुसऱ्यांतील जस्त तिसऱ्यांतील तांब्यास जोडिलें, याप्रमाणें करीत गेल्यानें जी मालिका होते, तिला **विद्युच्चक्रमाला** किंवा **विद्युन्माला** असें ह्मणतात. अशी सांगड करून एका चक्रानें जे परिणाम उत्पन्न होतात, ते परिणाम पुष्कळपटीनें वाढवितां येतात.

अशी अगदीं पहिली रचना **व्हॉल्टा** यानेंच केलेली त्याची विद्युद्राशी होय. त्याची विद्युद्राशी ही साध्या चक्रांचीच केवळ मालिका होती, व त्यांतील कपड्याची ओली चकती द्रवाचें काम करी, आणि त्या राशींतील एका शेवटाकडील जस्तास जोडलेल्या तारेचें टोंक ऋणध्रुव होतें, व दुसऱ्या शेवटाकडील तांब्यास जोडलेल्या तारेचें टोंक धनध्रुव होतें. या रचनेंत पत्र्यांच्या चकत्या एकावर एक ठेवून रचल्या होत्या, व ही रचना **व्हाल्टानें** शोधून काढिली, ह्मणून हें यंत्र व्हाल्टाची विद्युद्राशी या नांवानें प्रसिद्ध आहे. परंतु प्रवाहविशिष्ट विद्युल्लतेचे परिणाम संचित करण्याकरितां केलेल्या या जातीच्या कोणत्याही यंत्रास हें नांव देतां येईल.

या राशीचें एक शेवट जमिनीस जोडलेलें असेल, किंवा राळेच्या किंवा कांचेच्या अवाहक पत्र्यावर ठेवून राशीस अलग किंवा विद्युत्स्थापित केलें असेल, त्याप्रमाणें राशींत विद्युल्लता भिन्नभिन्न मानानें पसरलेली असते. जर एक टोंक जमिनीस जोडलेलें असलें, तर त्यांतील सर्व विद्युत् जमिनींत जाऊन तें निर्जागृत असतें, आणि बाकीच्या यंत्रांत फक्त एकाच जातीची विद्युत् असते. जर तांब्याचा पत्रा जमिनीस जोडलेला असला, तर बाकी यंत्रांत ऋणविद्युत् असते, आणि जस्ताचा पत्रा जोडलेला असला, तर बाकी यंत्रांत धन-विद्युत् असते.

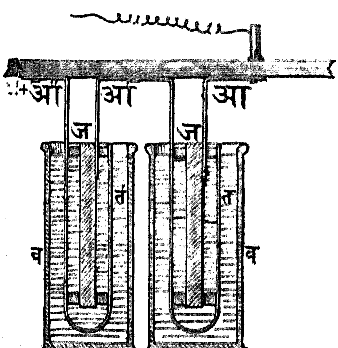
परंतु जर राशीस विद्युत्स्थापित केलें असेल, ह्मणजे राशीस जमिनीस न जोडतां विद्युत्स्थापक पदार्थावर ठेविलें असेल, तर तिजमध्यें विद्युत् सर्वत्र सारखी पसरलेली नसते. परीक्षापत्र आणि विद्युद्दर्शक यांच्या योगानें असें सिद्ध करितां येतें कीं, मधला भाग स्वाभाविक स्थितींत ह्मणजे निर्जागृत असतो. आणि एकीकडच्या अर्धांत धनविद्युत् व दुसरीकडच्या अर्धांत ऋणविद्युत् असतात.

आणि मध्यापासून शेवटाकडे. विद्युतेचा जोर वाढत गेलेला असतो. ज्या अर्धाच्या शेवटीं जस्ताचा पत्रा असतो, त्या अर्धांत ऋणविद्युत् असते, आणि ज्याच्या शेवटीं तांब्याचा पत्रा असतो, त्या अर्धांत धनविद्युत् असते. चुंबक-कांबींत चुंबकत्व ज्याप्रमाणें पसरलेलें असतें, त्याप्रमाणें या राशीची स्थिति असते. राशीच्या परिणामांविषयीं दुसऱ्या ठिकाणीं आणखी विचार करूं.

आरंभीं व्हाल्टानें ज्या आकाराची विद्युत्राशी केली, ती फार सोयीची नसून तिजमध्यें दोष होते. या राशींत जस्त व तांबें यांच्या चकत्यांचें वजन इतकें जास्त होतें कीं, त्यांच्या दाबानें ओल्या चकत्यांतील आसिडमिश्रित द्रव बाहेर पडतो, व लवकरच विद्युत्कार्य कमी होतें. आतां अशा राशीचा फारसा उपयोग करीत नाहींत; मात्र तिला ऐतिहासिक महत्त्व आहे. हल्लीं यामध्यें पुष्कळ सुधारणा झाल्या आहेत, व त्यांचा मुख्य उद्देश हा आहे कीं, माला तयार करण्यास फार खटपट पडूं नये, विद्युच्चालकशक्ति (क० ७६) जास्त उत्पन्न व्हावी, आणि विद्युद्वहनास प्रतिबंध कमी व्हावा.

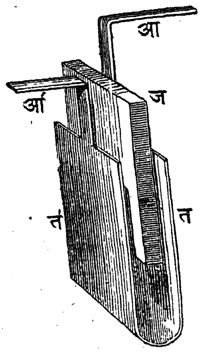
यांत फेरफार करून खुद्द **व्हाल्टा** यानेंच पेल्यांचा मुगूट या नांवाची माला प्रथम शोधून काढिली. यांतही सुधारणा करून काढलेली **उल्यास्टन** याची विद्युन्माला या नांवानें प्रसिद्ध आहे.

आ० ८९.



आकृति ८९ मध्यें **उल्यास्टन** याच्या दोन चक्रांचें उभें छिन्न दाखविलें आहे. **व, व** या कांचेच्या भांड्यांत आसिडमिश्रित पाणी असून प्रत्येकांत तांबें व जस्त यांच्या पत्र्यांचे जोड आहेत. या पत्र्यांचा एक जोड कसा केलेला असतो, त्याची रचना आ० ९० मध्यें दाखविली आहे. जस्ताचा **ज** जाड पत्रा मध्यें असून त्यास **आ** ही तांब्य

आ० ९०.



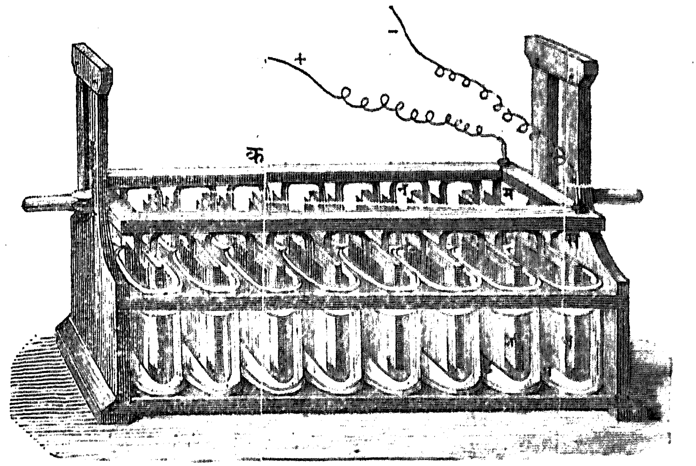
पत्र्याची पट्टी जोडलेली आहे. हिच्या योगानें जस्तास दुसऱ्या चक्रांतील तांब्याशीं जोडतां येतें. **त, त** हा एक तांब्याचा पत्रा जस्ताच्या पत्र्याच्या सभोंवार जाण्याजोगा वांकविलेला असतो, व त्याचा स्पर्श जस्ताशीं होऊं नये, ह्मणून दोहोंमध्यें बुचाचे लहान तुकडे बसविलेले असतात. तांब्याच्या पत्र्यासही एक अरुंद तांब्याची पट्टी **आ** जोडलेली असते, व तिनें मागच्या चक्रांतील जस्ताच्या पत्र्यास जोडतां येतें. पहिल्या चक्रांतील तांब्याच्या पत्र्यास जोडलेली तार किंवा पट्टी धनध्रुव होते, व दुसऱ्यांतील जस्ताच्या पत्र्यास जोडलेली तार ऋणध्रुव होते. पत्र्यांस एका आडव्या लांकडी गजांत टांगलेलें असतें, व त्याच्या योगानें त्यांस द्रवांतून हवें तेव्हां वर काढतां येतें, व खालीं सारून द्रवांत घालतां येतें.[१]

आकृति ९१ मध्यें असल्या १६ चक्रांची राशी किंवा माला दाखविली

---

१ चक्रांत असें रसायनकार्य होतें. दोहों धातूंचा संगम केल्यावर जस्ताच्या सन्निध जे सल्फ्युरिक आसिडाचे अणु असतात, त्यांचें पृथक्करण होऊन त्यांतील **ग आ$_४$** शीं जस्त संयोग पावून जस्ताचा सल्फेट (ज ग आ$_४$) बनतो व हैड्रोजन वेगळा पडतो. हा वेगळा पडलेला हैड्रोजन सन्निधच्या आसिडाच्या दुसऱ्या अणूंतील **ग आ$_४$** शीं संयोग पावून त्यांतील हैड्रोजन वेगळा पडतो. याप्रमाणें वेगळा पडत गेलेला हैड्रोजन तांब्याशीं येऊन पोंचतो व त्याशीं प्रीति नसल्यामुळें त्यावर त्याचे बुडबुडे दिसतात. रसायनकार्यें खालीं समीकरणांनीं दाखविलीं आहेत. संगमापूर्वीं, **ज+ग आ$_४$ है$_२$+ता.** संगमानंतर **ज ग आ$_४$+ है$_२$ ग आ$_४$+ है$_२$ ता.**

आ० ९१.

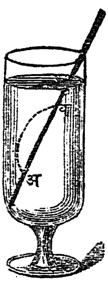


आहे. या मालेंत ८ चक्रांची एकेक पंक्ति अशा दोन समांतर पंक्ति आहेत. ज्या पेटींत चक्रांचीं भांडीं ठेविलेलीं आहेत, तिजवरील एका आडव्या लांकडी चौकटींत यांतील चक्रें बसविलेलीं आहेत. यामुळें चक्रांच्या पत्र्यांस हवें तेव्हां वरखालीं करतां येतें. जेव्हां माला चालू ठेवण्याची नसते, तेव्हां द्रवांतून पत्र्यांस वर उचलून ठेवितां येतें. ज्या पाण्यांत हे पत्रे बुडविलेले असतात, त्यांतील पाण्यांत $\frac{1}{10}$ सल्फ्यूरिक आसिड आणि $\frac{1}{20}$ नैत्रिक आसिड मिसळलेलें असतें.

७९. मालेंत प्रवाहाचें निःशक्त होणें; गौण प्रवाहः—जीं विद्युचक्रें दोन धातु व एक द्रव यांचीं केलेलीं असतात, त्यांत उत्पन्न झालेले प्रवाह लवकर कमजोर होतात, हा दोष वर वर्णन केलेल्या मालेमध्यें मोठा असतो. हा दोष मुख्यत्वें तीन कारणांनीं उत्पन्न होतो:—(१) रसायनकार्य हळूहळू कमी होऊं लागल्यामुळें पहिला दोष उत्पन्न होतो. जस्तावर सल्फ्युरिक आसिडाचें कार्य होऊन आसिड निःशक्त होतें, यामुळें त्याचें कार्य कमी होत जातें. हें कार्य अवश्य घडलेंच पाहिजे. कारण यावरच प्रवाहाची उत्पत्ति अवलंबून असते. हा दोष सर्व मालेंत असावयाचाच, व यास

टाळतांही येणार नाहीं. फक्त वरचेवर नवें आसिड व नवे जस्ताचे पत्रे घालून मात्र हा दोष काढतां येईल. (२) ज्यास स्थानिक कार्य ह्मणतात, त्यानें दुसरा दोष उत्पन्न होतो. उदाहरणार्थ असें समजूं कीं, एक अगदीं शुद्ध जस्ताचा पत्रा घेऊन त्यावर व्हार्निस लाविलें आहे, आणि त्यास जलमिश्रित आसिडांत बुडविलें आहे. तर त्यावर व्हार्निसांतून आसिडाचें कांहीं कार्य घडणार नाहीं. आतां असें समजूं कीं, पत्र्यावरील **अ** ठिकाणचें

आ० ९२.



पैएवढें व्हार्निस खरडून काढिलें आहे. आणि **ब** ठिकाणीं एक पोलादी खिळा पत्र्यांत मारिला आहे. तर विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होण्यास ज्या गोष्टी अवश्य पाहिजेत, त्या सर्व येथें आहेत. ह्मणजे ज्यांवर द्रवाचें कार्य जास्त कमी होतें, असे दोन भिन्नभिन्न धातु जस्त व लोखंड धातूच्या योगानें जोडलेले आहेत. याचा परिणाम असा घडतो कीं, **अ**पासून **ब**कडे वाहणारा विद्युत्प्रवाह द्रवांत उत्पन्न होतो (आ० ९२ पहा), आणि खुद्द जस्तांतूनच **ब**पासून **अ**कडे उलट प्रवाह येतो. यामुळें **अ** ठिकाणचें जस्त खाल्लें जातें.

वस्तुतः सर्व प्रकारच्या बाजारी जस्तांत शिसें किंवा लोखंड यासारख्या धातूंची थोडी बहुत भेळ असते. यामुळें वरची स्थिति सहजच उत्पन्न होते. ह्मणजे जस्तापासून शिसें किंवा लोखंड यांकडे वाहणारे असंख्य स्थानिक प्रवाह द्रवांत उत्पन्न होतात; व त्यांच्या योगानें मुख्य प्रवाहास कांहीं जोर न मिळतां मुख्य प्रवाह उत्पन्न करणारा जो जस्ताचा पत्रा तो झिजून जातो. हा दोष जस्ताच्या पत्र्यावर पाऱ्याची कल्हई केल्यानें काढतां येतो.[१] पाऱ्याच्या

---

१ सल्फ्युरिक आसिडमिश्रित पाण्यांत जस्ताचा पत्रा बुडवून त्यावर पारा ओतून ब्रशानें किंवा चिंधीनें चोळिलें ह्मणजे ही कल्हई होते. पाऱ्यांत जस्त विद्रुत होऊन त्या मिश्रणाचा लेप पृष्ठभागीं जमतो. बाकीचे कमी विद्राव्य धातु आंत राहतात. यामुळें फक्त शुद्ध जस्त मात्र आसिडासन्निध असतें. जस्त आसिडांत विरघळेल त्याप्रमाणें नवें जस्त पाऱ्यांत विरघळून पृष्ठभागीं येतें. यामुळें स्थानिक प्रवाह उत्पन्न होत नाहींत.

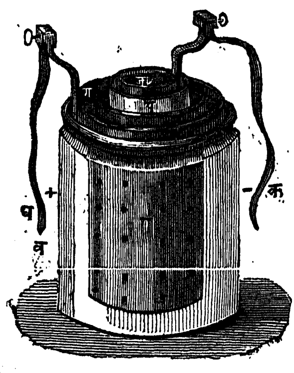
कल्हईनें जस्ताचा पत्रा तांब्याच्या पत्र्यास जोडून मंडल पुरें केल्याशिवाय जस्ताच्या पत्र्यावर द्रवाचें रसायनकार्य बहुतेक अगदीं बंद होतें. (३) गौण प्रवाह उत्पन्न होतात, हा तिसरा दोष होय. विद्युन्मालेंत मुख्य प्रवाहाच्या उलट दिशेंत वाहणारे गौण प्रवाह उत्पन्न होतात, त्याच्या योगानें पूर्णपणें किंवा अंशतः मुख्य प्रवाहाचा नाश होतो. आ० ८७ मध्यें जो याविषयींचा मुख्य प्रयोग सांगितला, त्यांत दोहों पत्र्यांच्या तारांस एकत्र जोडून मंडल पुरें करितांच जस्तावर सल्फ्युरिक आसिडाचें कार्य होऊन जस्ताचा सल्फेट बनतो, व तो पाण्यांत विद्रुत होतो; आणि त्याच वेळीं हैड्रोजन वायूचा थर तांब्याच्या पत्र्याच्या पृष्ठभागावर जमतो. साधारण हैड्रोजनापेक्षां या रीतीनें उत्पन्न झालेल्या उपजत स्थितींतल्या हैड्रोजनाचें कार्य धातूंच्या पृष्ठभागावर अधिक जोरानें घडतें. यामुळें सन्निध बनलेल्या जस्ताच्या सल्फेटांतील जस्तास वेगळें काढून त्याच्या जागीं हैड्रोजन जातो, व सल्फ्युरिक आसिड बनतें, आणि वेगळें झालेलें जस्त तांब्याच्या पत्र्यावर जमतें. यास पत्र्याचे **पोल-राइझेशन** ह्मणजे **ध्रुवीभवन** असें ह्मणतात. येणेंकरून असमान कार्य होणाऱ्या दोन धातूंच्या जागीं परस्परांपासून कमी भिन्न असे दोन धातु हळूहळू द्रवांत येतात; आणि त्यामुळें दोहोंस जोडणाऱ्या तारेंत दोन प्रवाह परस्पर उलट व सारखे असे वाहूं लागतात, व त्यांचा परिणाम असा घडतो कीं, तारेंतील जो मुख्य प्रवाह, तो अधिकाधिक निःशक्त होऊं लागतो.

८०. चिरस्थायी चक्रें:—(सारखीं सतत चालणारीं चक्रें). एकाच द्रवाच्या चक्रांत हे जे मोठे दोष असतात, त्यामुळें त्यांचा उपयोग फारसा करीत नाहींत, आणि आतां त्यांच्या जागीं दोन द्रवांच्या चक्रांचाच साधारणपणें उपयोग करितात. दोन द्रवांच्या चक्रांस **चिरस्थायी** चक्रें असेंही नांव देतां येईल. कारण त्यांचें कार्य विशेष कमी न होतां पुष्कळ काळपर्यंत चालतें. ज्या धातूवर द्रवाचें कमी कार्य होतें त्या धातूचें ध्रुवीभवन बंद केलें ह्मणजे प्रवाह चिरस्थायी होतो; व हीच गोष्ट दोन द्रवांच्या चक्रांत मुख्यत्वें साध्य केलेली असते. ह्मणजे ज्या धातूवर कमी रसायनकार्य होतें, त्या धातूच्या पत्र्यावर हैड्रोजन वायूस कायमपणें जमूं न देण्याची योजना असते. हें साध्य

करण्याकरितां त्या धातूस अशा द्रवांत घालितात कीं, त्या द्रवावरच हैड्रोजनाचें रसायनकार्य घडून हैड्रोजन नाहींसा व्हावा.

८१. डेनियलचें चिरस्थायी चक्रः—हेंच चिरस्थायी चक्र प्रथमतः करण्यांत आलें, व तें **डेनियल** यानें सन १८३६ सालीं शोधून काढिलें. कार्याच्या चिरस्थायीपणांत सर्व चिरस्थायी चक्रांमध्यें याचाच अद्याप पहिला नंबर आहे. हल्लीं फ्रान्स देशांत ज्या डेनियलच्या चक्राचा उपयोग करितात, तें आकृति ९३ मध्यें दाखविलें आहे. **व** हें कांचेचें किंवा चिनी मातीचें भांडें असून त्यांत मोरचुदाचा दाट किंवा परिप्लुत ह्मणजे संपृक्त द्रव भरला आहे; व यांत तांब्याच्या पत्र्याचें दोहों तोंडांनीं उघडें असें गोल पंचपात्र करून व त्यास थोडथोड्या अंतरावर पाव पईएवढीं भोंकें पाडून तें मोरचुदाच्या द्रवांत बुडविलेलें आहे. या पंचपात्राच्या वरच्या बाजूस माथ्याखालीं दोन बोटें भोंकें पाडलेला **ग** हा एक कंकणाकृति पत्रा आडवा सभोंवार बसविलेला आहे. या पत्र्यावर मोरचुदाच्या द्रवांत बुडालेले असे मोरचुदाचे खडे ठेविलेले असतात. चक्रांतील विद्युत्कार्यानें जेवढें मोरचूद पृथग्भूत होऊन कमी होतें, तेवढें या खड्यांतील पुनः विद्रुत होतें, आणि येणेंकरून मोरचुदाचा द्रव निःशक्त होत नाहीं. पंचपात्राच्या या वरच्या आडव्या पत्र्याच्या मधील भोंकांतून एक पातळ व सच्छिद्र असें मिना न केलेलें मातीचें गोल **प** पंचपात्र घालतात; यांत मिठाचा द्रव किंवा सल्फ्युरिक आसिडमिश्रित पाणी भरून त्यांत पाऱ्याची कल्हई केलेला जस्ताचा गोल दांडा बुडवितात. तांब्याच्या पंचपात्रास व जस्ताच्या दांड्यास **ध** आणि **क** या दोन तांब्याच्या पत्र्याच्या अरुंद पट्ट्या जोडतात. त्यांच्या योगानें त्यास दुसऱ्या चक्रास जोडतां येतें, व प्रवाह नेण्याच्या ताराही जोडतां येतात.

आ० ९३.



डेनियलच्या चक्राचें मंडल पुरें केलें ह्मणजे जस्तावर जलमिश्रित आसिडाचें कार्य होऊन जो हैद्रोजन वेगळा होतो, तो सच्छिद्र भांड्यांतून बाहेर निघतांच मोरचूद ह्मणजे तांब्याचा सल्फेट याच्या सन्निध येतो, आणि त्यावर त्याचें कार्य घडून त्यांतील तांब्यास वेगळें काढून त्याच्या जागीं आपण जातो, व सल्फ्युरिक आसिड बनतें, आणि तांबें वेगळें पडतें. हें वेगळें पडलेलें तांबें तांब्याच्या पत्र्याच्या पृष्ठभागावर जमतें. याप्रमाणें द्रवांतील मोरचूद पृथग्भूत होत जातें, आणि असें जर सर्व मोरचूद पृथग्भूत झालें, तर आसिडांतून निघालेला हैद्रोजन तांब्यावर जमूं लागेल, व प्रवाहाचा चिरस्थायीपणा जाईल. असें न घडावें ह्मणूनच पंचपात्राच्या वरच्या आडव्या पत्र्यावर मोरचुदाचे खडे ठेविलेले असतात, ते द्रवांत विद्रुत होऊन त्यास परिप्लुत किंवा संपृक्त ठेवितात. मोरचुदाचें पृथग्भवन होऊन जें सल्फ्युरिक आसिड उत्पन्न होतें तें सच्छिद्र भांड्यांत शिरून, तेथील आसिड, जस्तावर कार्य झाल्यामुळें जें कमी होतें, त्याच्या जागीं तेवढें जातें. जस्त विद्रुत करण्यामध्यें ज्या प्रमाणानें आसिड खर्च होतें, त्याच प्रमाणानें, तेवढेंच व नियमित असें मोरचुदाच्या द्रवांत सल्फ्युरिक आसिड उत्पन्न होतें. यामुळें जस्तावरही आसिडाचें कार्य नियमानें सारखें घडतें. यामुळें सतत व चिरस्थायी प्रवाह उत्पन्न होतो. या चक्रांतील रसायनकार्यें खालीं समीकरणांनीं दाखविलीं आहेत.

संगम होण्यापूर्वीं,

$$\text{ज}+\text{है}_{\text{२}}\text{ग आ}_{\text{४}}+\text{है}_{\text{२}}\text{ग आ}_{\text{४}} \;\text{:::}\; \text{ता ग आ}_{\text{४}}+\text{ता ग आ}_{\text{४}}+\text{ता}.$$

संगम केल्यानंतर.

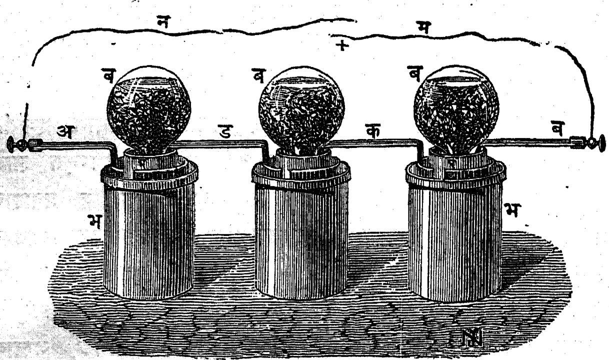
$$\text{ज ग आ}_{\text{४}}+\text{है}_{\text{२}}\text{ग आ}_{\text{४}} \;\text{:::}\; \text{है}_{\text{२}}\text{ग आ}_{\text{४}}+\text{ता ग आ}_{\text{४}}+\text{ता},\ \text{ता}.$$

खालील एकाच सारणींत वरील दोहोंचा समावेश केला आहे, वरील कौंस रसायनकार्य सुरू होण्याच्या पूर्वींची स्थिति व खालील कौंस रसायनकार्य सुरू झाल्यावरची स्थिति दर्शवितात-

$$\text{ता},\text{ता ग आ}_{\text{४}}\ \text{ता ग आ}_{\text{४}} \;\text{:::}\; \text{है}_{\text{२}}\text{ग आ}_{\text{४}},\ \text{है}_{\text{२}}\text{ग आ}_{\text{४}},\text{ज}$$

आ० ९४ मध्यें कांहींशा भिन्न आकाराच्या **डेनियल**च्या ३ चक्रांची

आ० ९४.

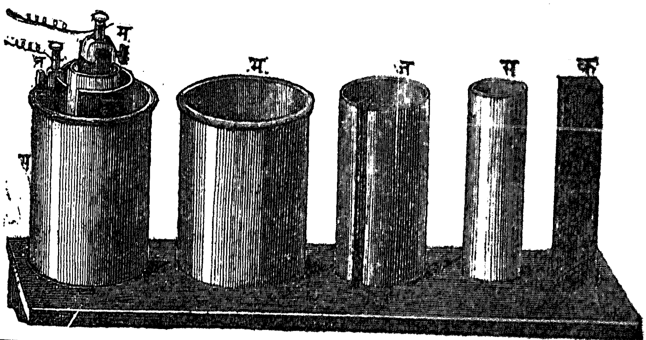


माला दाखविली आहे. एका चक्रांतील जस्त जवळच्या दुसऱ्या चक्रांतील तांब्यास तांब्याच्या अरुंद पट्टीनें जोडिलें आहे. तांब्याच्या पंचपात्रास जोड॰ लेल्या आडव्या पत्र्यावर मोरचुदाचे खडे न ठेवितां कांचेच्या **ब, ब, ब** गोल फ्लास्कांत मोरचुदाचे खडे भरून त्यांच्या माना मोरचुदाच्या द्रवांत बुडविलेल्या आहेत. या तऱ्हेच्या चक्रांचा फ्रान्स देशांतील तारआफिसांत उपयोग करितात.

८२. बनसेन याचें विद्युच्चक्रः—जस्त व कार्बान यांचें विद्युचक्र बनसेन यानें सन १८४३ सालीं शोधून काढिलें. हें चक्र थेट डेनियलच्या चक्रासारखेंच असतें. तांब्याच्या जागीं कोक किंवा कार्बान याच्या दांड्याचा आणि मोरचुदाच्या द्रवाच्या जागीं नैत्रिक आसिडाचा उपयोग केलेला असतो. खनिज कोळशांच्या धुराच्या कारखान्यांत रिटार्टीत जें कोक मागें राहतें त्याचे दांडे घेतात; किंवा कोकची पूड व बिटयुमिनस ह्मणजे हातास तेलकट लागणाऱ्या दगडी कोळशाची पूड एकत्र मिसळून तें मिश्रण लोखंडी सांच्यांत खूब दाबून भरतात व त्यास आरक्तोष्णता देऊन हे दांडे किंवा याचे पत्रे करून त्यांचा उपयोग या चक्रांकरितां करितात. या दोन्ही तऱ्हेच्या कोकमध्यें विद्युद्ग्राहकशक्ति फार असते. प्रत्येक चक्रांत खालीं

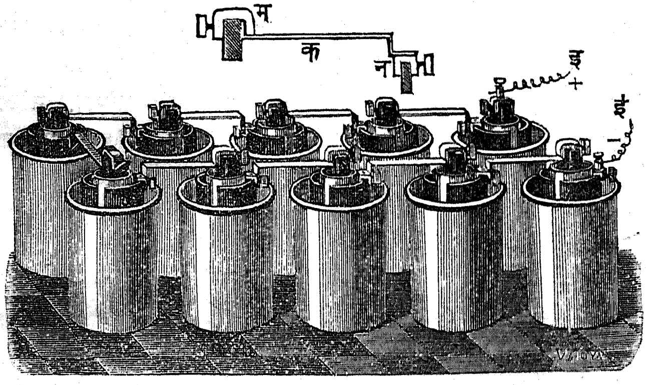
लिहिलेले भाग असतात. (१) **म** हें मातीचें मिना केलेलें किंवा कांचेचें भांडें असतें व यांत डेनियलच्या चक्राप्रमाणें जलमिश्रित सल्फ्युरिक आसिड असतें. (२) या द्रवांत पत्र्याचे खालच्या व वरच्या बाजूनें उघडें व बाजूस उघडी फट असलेलें **ज** हें जस्ती पत्र्याचें पंचपात्र असतें. (३) याच्या आंत **स** हें मातीचें सच्छिद्र भांडें असतें; व यांत साधें नैत्रिक आसिड असतें. (४) यांत **क** हा कोकचा गोल किंवा चौकोनी दांडा असतो. **म** भांड्यांत प्रथम जस्ताचें **ज** पंचपात्र घालतात आणि त्यांतील सच्छिद्र भांड्यांत **क** कोकचा तुकडा घालतात (आ० ९५ पहा). कार्बान किंवा कोक यास

आ० ९५.



म हा स्क्रू बसवून त्यास तांब्याची तार जोडतात व हिचें टोंक धनध्रुव होतें. जस्ताच्या पंचपात्रासही **न** हा एक स्क्रू बसवून त्यास एक तार जोडतात व तिचें टोंक ऋणध्रुव होतें. हें सर्व चक्र डावे बाजूस दाखविलें आहे.

बनसेनच्या चक्रांत जस्ताचें आसिडावर कार्य घडून जो हैद्रोजन निघतो तो सच्छिद्र भांड्यांत त्यांतील नैत्रिक आसिडांत शिरतो; त्यानें आसिडाचें पृथग्भवन होऊन पाणी व **हैपोनैत्रस आसिड** बनतात. हें आसिड विद्रुत होतें किंवा नंतर त्याच्या वाफा चक्रांतून निघूं लागतात. नैत्रिक आसिडाच्या पृथग्भवनानें जरी हैद्रोजन अगदीं नाहींसा होतो, तरी या ज्या वाफा उत्पन्न होतात त्या फार उपद्रवी असतात. नैत्रिक आसिड असलेल्या भांड्यांत पोट्यासियम द्विक्रोमेटाची पूड थोडी घातल्यानें या वाफा अगदीं नाहींशा होतात.

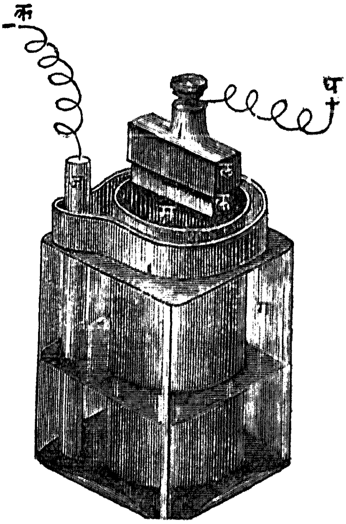


कोक दुसऱ्या चक्रांतील जस्तास, आकृतीच्या माथ्यावर दाखविल्यासारख्या म, न या चिमट्यांनीं व क या तांब्याच्या पट्टीनें जोडितात. क तांब्याची पट्टी म चिमट्यांत दाबून तिचें दुसरें टोंक न दाबणीस डांकानेंही जोडलेलें असतें, व म चिमट्यांत कोकचा दांडा व नमध्यें जस्ताचे पंचपात्र दाबलीं जातात. पहिल्या चक्रांतील जस्त व शेवटल्या चक्रांतील कोक यांस मात्र स्क्रू असतात, त्यांस तारा अडवितां येतात.

ग्रोव्हचें चक्र जस्त व प्लाटिनम या धातूंच्या पत्र्याचें केलेलें असतें. बाहेरच्या भांड्यांतील जलमिश्रित आसिडांत जस्त घालतात आणि चपट्या सच्छिद्र भांड्यांत नैत्रिक आसिड भरून त्यांत प्लाटिनमचे पत्रे घालतात. बनसेनच्या चक्राप्रमाणें या चक्राचीही विद्युच्चालकशक्ति फार असते, व यांत अंतस्थप्रतिबंधही कमी असतो (क. ९९). बनसेनच्या चक्रासारखें हें अवजड नसून हें चक्र लहान व आटपशीर असतें व थोड्या द्रवांनीं लवकर तयार करितां येतें. मात्र यांतील प्लाटिनमच्या पत्र्यांस जास्त खर्च येतो.

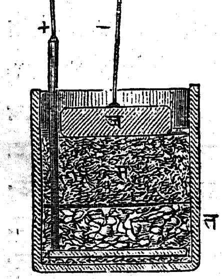
८३. लीक्लांची याचें चक्रः—या चक्रांत जस्त व कोक यांचाच उपयोग करितात. सच्छिद्र भांड्यांत **ल** हा कोकचा दांडा घालून तें भांडें म्यांगनीज धातूचा उच्च आक्साइड **म** आणि कोक **क** यांच्या पुडीच्या मिश्रणानें खेंचून गच्च भरतात (आ० ९७). हें भांडें एका कांचेच्या किंवा चिनीमातीच्या चौकोनी **ग** पंचपात्रांत ठेवितात; आणि यांतच एका कोंपऱ्यास जस्ताचा दांडा राहण्यास जागा असते, त्या ठिकाणीं **ज** जस्ताचा दांडा ठेवितात. यांत नवसागराचा दाट द्रव भरतात. यानेंच रसायनकार्य होऊन प्रवाह उत्पन्न होतो. अशा चक्राची माला फार सार्धी असून हिचा चिरस्थायीपणा बराच असतो. म्हणून तारायंत्र चालविण्यास व घरांतील विद्युद्घंटा वाजविण्यास या चक्रांचा फार उपयोग करितात. याची विद्युच्चालकशक्ति १.४६ व्हाल्ट असते (क. १०१), आणि अंतरस्थप्रतिबंध १.५ ओम असतो.

आ० ९७.



८४. मिनाटोचें चक्र; गुरुत्वमालाः—डेनियलच्या चक्रांत थोडा फेरफार करून केलेल्या दोन चक्रांचें वर्णन करून हें प्रकरण आटपूं. हीं चक्रें सहज भरून चालू करितां येतात, म्हणून यांची फार प्रसिद्धी झाली आहे. या दोन्ही चक्रांत सच्छिद्र भांड्याचा उपयोग करावा लागत नाहीं. कारण सच्छिद्र भांड्यानें बऱ्याच अडचणी उत्पन्न होतात.

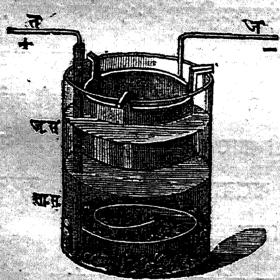
मिनाटोच्या चक्रांत (आ० ९८ पहा) एक कांचेचें किंवा मातीचें भांडें



डितात व ती तार भांड्याच्या बाजूनें वर येते. यावर मोरचुदाच्या ह्मणजे तांब्याच्या सल्फे-टाच्या खड्यांचा जाड थर घालितात; या थरावर एक कागदाची चकती घालून तिजवर लांकडाच्या भुशाचा जाड थर पसरतात. या भुशावर तांब्याची तार लावलेला जस्ताचा बोट दीड बोट जाडीचा गोल पत्रा ठेवितात. नंतर भांड्यांत जपून पाणी ओतून सर्व द्रव्यें चपचपीत भिजवितात. येणेंकरून तळाशीं तांब्याच्या पत्र्याच्या सन्निध मोरचुदाचा द्रव बनतो व कांठाशीं पाणी राहतें. या पाण्यांत सल्फ्युरिक आसिडाचे चार थेंब मिळवितात. तांबें व जस्त यांस जोडलेल्या तारांचा संगम करून चक्र पुरें केलें, ह्मणजे **डेनियलच्या** चक्रांतल्यासारखेंच रसायनकार्य घडूं लागून विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो. दुसऱ्या चक्रांतील तांब्याच्या पत्र्यापासून आलेल्या तारेवरच जस्ताची चकती ओतून मालेकरितां जोड तयार करितात. या मालेचा हिंदुस्थानांतील सरकारी तारआफिसांत फार उपयोग करितात.

याच तऱ्हेची जी दुसरी माला असते तिला **गुरुत्वमाला** ह्मणतात. हिजमध्यें सच्छिद्र पडदा मुळींच नसतो. आकृति ९९ मध्यें **क्यालेंद** याच्या मालेचें चक्र दाखविलें आहे. कांचेच्या भांड्यांत मोरचुदाचा दाट द्रव (ता. स.) चार बोटें भरून त्यांत तांब्याचा पत्रा बुडवितात; आणि या द्रवावर जपून जस्ताच्या सल्फेटाचा (ज. स.) द्रव ओततात. हा हलका असल्यामुळें मोर-चुदाच्या द्रवावर राहतो. भांड्याच्या तोंडावर तीन अडणी ठेवून त्यांवर ज-स्ताचा पत्रा जस्ताच्या सल्फेटाच्या द्रवास

आ० ९९.



लावून ठेवितात. जस्त व तांबें यांच्या तारांस जोडतांच रसायनकार्य सुरू होऊन विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो.

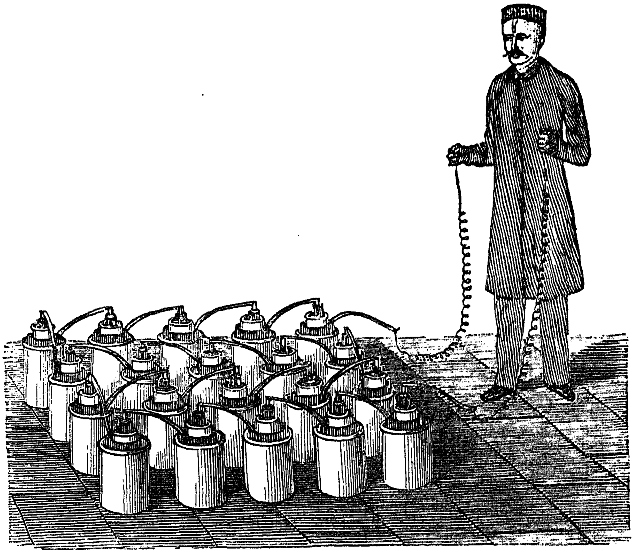
या चक्रांस इकडे तिकडे नेतां येत नाहीं. कारण तेणेंकरून द्रव हालून एकमेकांत मिसळतात व जस्ताच्या पत्र्यावर तांबें जमून स्थानिककार्य सुरू होतें. परंतु कायमच्या ठिकाणीं तारायंत्र चालविण्यास अशीं चक्रें फार उपयोगीं पडतात; यांचा उपयोग **आस्ट्रिया** व **फ्रान्स** या देशांत फार करितात.

प्रकरण ८ वें.

विद्युत्प्रवाहाचे परिणाम.

८५. शारीरिक परिणामः—रसायनजन्य विद्युन्मालेपासून जे अनेक परिणाम घडतात, त्यांचे शारीरिक, रासायनिक, यांत्रिक, आणि भौतिक असे चार वर्ग करितां येतील; आणि शेवटल्या भौतिक परिणामाचे आणखी उष्णताजनक, प्रकाशजनक आणि चुंबनीय असे पोटविभाग करितां येतील. विद्युद्यंत्राच्या विजेच्या परिणामांप्रमाणेंच विजातीय विद्युल्लतांच्या संयोगापासूनच हे सर्व परिणाम घडतात. परंतु हे परिणाम प्रवाहाच्या चिरस्थायी कार्यामुळें जास्त जोराचे व स्पष्ट असतात. हे परिणाम घडण्यास ज्या पदार्थांवर प्रयोग करणें असेल, त्या पदार्थास एके बाजूस विद्युन्मालेच्या धनध्रुवास व दुसऱ्या बाजूस ऋणध्रुवास जोडलें पाहिजे.

प्राण्यांच्या शरीरावर प्रवाहाचे जे परिणाम घडतात, त्यांपासून शरीरास धक्के बसतात, व अवयव आंखडतात. केवळ जीवंत प्राण्यांच्याच स्नायूंवर हे परिणाम घडतात, असें नसून मेलेल्या प्राण्यांच्या स्नायूंवरही घडतात, हें **ग्याल्व्हेनीच्या** मृत बेडकावरील प्रयोगांत आपण पाहिलेंच आहे. (क० ७० पहा).



पाण्यानें किंवा खाऱ्या पाण्यानें हात ओले केले, ह्मणजे त्यांची वाहकता वाढून धक्का चांगला व जोराचा बसतो. मालेंत चक्रांची संख्या जशी जास्त असेल, त्या मानानें धक्का जास्त मोठा बसतो. **बनसेन**च्या ५० पासून ६० चक्रांच्या मालेनें धक्का फार मोठा बसतो, आणि १५० पासून २०० चक्रें घेतलीं, तर धक्का असह्य असतो, व ते धक्के एकसारखे घेत गेलें, तर त्यापासून परिणामही घातक होतो. मालेचा धक्का विद्युत्घटाच्या धक्क्यापेक्षां बाहूंच्या पुढल्या भागांत कमी बसतो; आणि अनेक मनुष्यांची सांखळी करून त्यांच्या मधून विद्युत्प्रवाह जाऊं दिला, तर जे मनुष्य अगदीं ध्रुवांजवळ असतात, त्यांस मात्र धक्का बसतो.

लेडन ह्मणजे विद्युत्घटांतल्याप्रमाणेंच दोहों विद्युतांच्या संयोगापासूनच हा धक्का उत्पन्न होतो. दोहोंमध्यें भेद एवढाच असतो कीं, लेडनघटांत दोहों विद्युतांचा संगम एका क्षणांत घडतो, व त्यांपासून उत्पन्न झालेला धक्काही क्षणिक असतो. परंतु विद्युन्मालेंत दोहों विद्युतांचा एकदां संयोग झाल्यावर लगेच पुनः जागृति येते, व पुनः संयोग होतो, यामुळें विद्युन्मालेनें एकामागून एक असे खूब जलद अनेक धक्के बसत राहतात.

डोळ्यांपुढें डोळ्यांजवळ निर्बल प्रवाहाच्या दोहों ध्रुवांस जोडलें व तोडलें, तर प्रकाशजनक परिणाम उत्पन्न होतात. कानाजवळ हीच क्रिया केली, तर घुं घुं असा आवाज ऐकूं येतो. दोहों ध्रुवांस जिभेवर ठेविलें, तर धनध्रुवास आसिडविशिष्ट आणि ऋणध्रुवास आल्केलीविशिष्ट रुचि लागते. प्रवाहाच्या स्थितीची परीक्षा करण्यास ही रीति फार सोयीची आहे. लाजाळूसारख्या नाजूक वनस्पतींवरही प्रवाहाचें कार्य घडतें. पुष्कळ चक्रांच्या मोठ्या मालेचा प्रवाह अशा वनस्पतींसन्निध सुरू केला, व बंद केला, तर त्यांवर परिणाम घडतो.

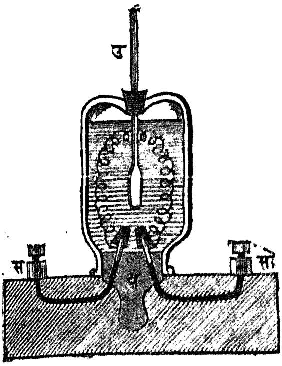
८६. उष्णताजनक परिणामः—धातूच्या बारीक तारेंतून विद्युत्प्रवाह जाऊं दिला, तर विद्युद्घटमालेची (क० ५४) ठिणगी सोडिली असतां जे परिणाम घडतात, त्या प्रकारचेच परिणाम विद्युत्प्रवाहानें घडतात. तार उष्ण होते, आणि फार बारीक व आंखूड असली, तर शुभ्रोष्णही होते. मोठ्या शक्तिमान् मालेनें सर्व धातु वितळतात. इरीडियम आणि प्लाटिनम हे धातु इतर उष्णतेनें जरी वितळत नाहींत, तरी मालेच्या उष्णतेनें वितळतात. या उष्णतेनें वितळत नाहीं, असा कार्बोन हाच एक पदार्थ आहे. बनसेनच्या ३० पासून ४० चक्रांच्या मालेनें शिसें, कथील, जस्त, तांबें, सोनें, रुपें, लोखंड आणि प्लाटिनम यांच्या बारीक तारा वितळतात, व जळून जातात, व त्यांच्या ठिणग्या भिन्नभिन्न रंगाच्या दिसतात. लोखंड आणि प्लाटिनम यांच्या ज्वलनापासून तेजस्वी, पांढरा व शुभ्र प्रकाश पडतो. शिशाच्या ज्वलनानें जांभळा प्रकाश पडतो. कथील आणि सोनें यांच्या ज्वलनानें निळसर पांढरा प्रकाश पडतो. जस्ताचा प्रकाश पांढरा व पिंवळा असा मिश्र असतो, आणि तांबें व रुपें यांपासून हिरवा प्रकाश पडतो (क० ५४).

होतो, त्या मानानें या उष्णताजनक परिणाम असतो. ज्यावर [illegible] असा धातु नेहमीं जस्तच असतो. ह्मणून नियमित वजनाचें जस्त विरघळलें, ह्मणजे नियमित परिमाणाची उष्णता उत्पन्न होते. जर ही द्रावक क्रिया जलद चालली, तर उष्णमान फार उच्च असतें, व सावकाश चालली, तर नीच असतें. परंतु नियमित वजनाचे कोळसे जलद किंवा सावकाश जळले, तरी ज्याप्रमाणें सारखीच उष्णता उत्पन्न होते, त्याप्रमाणें या दोन्ही क्रियांतही एकंदरींत सारख्याच परिमाणाची उष्णता उत्पन्न होते. विद्युच्चक्रांत जस्ताची तांब्याशीं सांगड केली असतां विवक्षित काळांत जितकी उष्णता उत्पन्न होते, त्यापेक्षां जस्ताची प्लाटिनम किंवा कार्बन यांशीं सांगड केल्यानें जास्त उष्णता उत्पन्न होते. कारण या दुसऱ्या सांगडींत जस्त विद्रुत होण्याचें मान जास्त असतें. याकरितां ज्या ठिकाणीं उष्णताजनक परिणामाचा उपयोग करावयाचा असतो, त्या ठिकाणीं ज्या चक्रांत विद्युच्चालकशक्ति जास्त असते, त्याच चक्रांचा उपयोग करण्यांत फायदा असतो.

विद्युन्मंडलांत उष्णतेची वांटणी एका साध्या नियमानें होते. तो नियम असा आहे:—मंडलाच्या विवक्षित भागांत उत्पन्न झालेली उष्णता व मंडलांतील एकंदर उष्णता यांमधील प्रमाण त्या भागांतील प्रतिबंध व मंडलांतील एकंदर प्रतिबंध या दोहोंमधील प्रमाणाइतकेंच असतें. उदाहरणार्थ, चक्राच्या बाहेर दोहों ध्रुवांस जोडणाऱ्या तारेंत चक्रांतील द्रवाच्या दुप्पट प्रतिबंध असेल, तर तारेंतील उष्णता द्रवांतील उष्णतेच्या दुप्पट किंवा एकंदर उष्णतेच्या $\frac{2}{3}$ असेल.

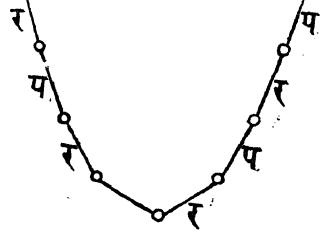
विद्युन्मंडलांतील उष्णताजनक परिणाम आणि प्रवाहाचा जोर व निरनिराळ्या भागांचा प्रतिबंध यांमधील संबंध दाखविणारे नियम विद्युदुष्णमापक या नांवाच्या यंत्रानें काढलेले आहेत (आ० १०१ पहा). कांचेच्या बुचाची

आ० १०१.



मोठ्या तोंडाची एक बाटली घेऊन तिला एका ब या बुचाच्या लांकडी तुकड्यांत उपडें बसवावें. बुचास दोन भोंकें पाडून त्यांतून प्लाटिनमच्या जाड तारांचे दोन तुकडे कुपींत सारावे. त्यांचीं बाहेरचीं टोंकें लांकडी बैठकीवरील स, स या स्क्रूंस जोडावीं, आणि आंतील टोंकांवर प्लाटिनम धातूच्या पत्र्यांचे तुकडे शंकाकार वळवून बोंडाप्रमाणें बसवावे. या दोन तुकड्यांस ज्या निरनिराळ्या धातूंविषयीं परीक्षा करणें असेल, त्यांच्या तारांच्या तुकड्यांस नागमोडीसारखें वळवून जोडतां येतें. बाटलीच्या बुडांत एक भोंक असतें, त्या भोंकांतून बुचाच्या योगानें उ हें उष्णमापक तिजमधील द्रवांत बसवितां येतें. बाटलींत आल्कोहोल भरतात, व तार उष्ण झाल्यानें जें याचें उष्णमान वाढतें, तें या उष्णमापकानें समजतें. या यंत्रांतील प्लाटिनमच्या तारांत प्रवाह सोडतात; व मंडलांत स्पर्शरेषा विद्युन्मापक (क० ९८) घेऊन प्रवाहाचा जोर मापितात. प्रवाह सोडल्यानें आल्कोहोलामधील तार उष्ण होते, व तेणेंकरून आल्कोहोलाचें उष्णमान वाढतें. नंतर विवक्षित काळांत उष्णमान किती वाढलें, तें पाहून आल्कोहोलाचें वजन, तारेचें वजन, त्यांच्या विशिष्ट उष्णता, आणि भांडें व उष्णमापक आल्कोहोलाच्या संबंधानें किती उष्णता शोषण करितात, वगैरे किमती माहीत असल्या, ह्मणजे त्या काळांत प्रवाहानें उष्णता किती उत्पन्न झाली, तें काढितां येतें.

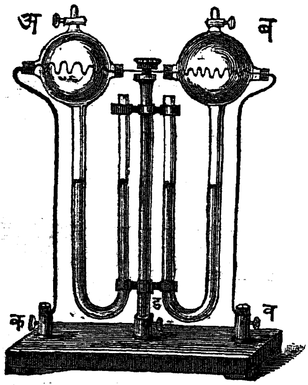
प्लाटिनम व रुपें या धातूंच्या तारांचे सारख्या आकाराचे तुकडे घेऊन त्यांची सांखळी केली, आणि तिच्या दोहों टोंकांस दोन ध्रुव जोडून तिजमध्यें



धातूच्या तारांचे तुकडे **र** या रुप्याच्या तुकड्यापेक्षां जास्त उष्ण होतात. कारण रुप्यापेक्षां प्लाटिनम धातूचा विद्युत्प्रवाहाच्या वहनास जास्त प्रतिबंध होत असल्यामुळें त्यांमध्यें जास्त विद्युत् संचित होऊन त्या धातूच्या तारांचे तुकडे जास्त उष्ण होतात. योग्य अशा जोराचा प्रवाह सोडिल्यानें प्लाटिनमचे तुकडे शुभ्रोष्ण झाले, तरी रुप्याचे तुकडे थंड व काळेच राहतात.

प्रवाहाच्या उष्णताजनक परिणामाचे अनेक चमत्कारिक प्रयोग **फास्टर** याच्या यंत्रानें दाखवितां येतात. हें यंत्र आ० १०३ मध्यें दाखविलें आहे.

आ० १०३.

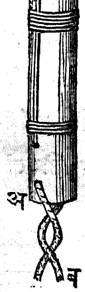


यांत दोन कांचेचे गोल असून प्रत्येक गोल U अशा वांकविलेल्या व रंगीत द्रवानें भरलेल्या कांचेच्या नळीस जोडलेला आहे. प्रत्येक गोलास दोहों बाजूंस दोन व माथ्यावर एक अशीं तीन भोंकें आहेत. माथ्यावरील भोंकांत उघडझांप करितां येण्याजोगे **अ, ब** कांचेचे काक आहेत. या दोन्ही गोलांस लांकडी बैठकीच्या मध्यावर बसविलेल्या **ड** या एका खांबावर बसविलेलें आहे. बाजूच्या भोंकांत बुचें बसवून बैठकीवरील **क, व** या स्क्रूपासून आलेल्या जाड तांब्याच्या तारा बुचांतून घातलेल्या आहेत.

या दोहों तारांच्या टोंकांस प्लाटिनम किंवा दुसऱ्या धातूच्या निरनिराळ्या लांबीच्या व जाडीच्या तारा जोडतां येतात. वांकड्या नळ्यांमध्यें द्रव आहे, व फुग्यांत हवा आहे, ह्मणून हीं दोन हवेचीं उष्णमापकेंच वस्तुतः आहेत. ज्या मधल्या दांड्यावर यंत्र बसविलेलें आहे, तो दांडा धातूचा असून त्याच्या बुडाशीं **ऋ** हा स्क्रू आहे. आणि गोलाच्या आंतल्या भोकांस जोडणारी तार या दांड्यास लागलेली असते, ह्मणून यांतूनही प्रवाह सोडतां येतो आणि कडेच्या व मधल्या स्क्रूंस जोडून कोणत्याही एकाच गोलांत प्रवाह सोडतां येतो.

ग्रोव्हच्या दोन चक्रांच्या माळेचे ध्रुव जर **क** व **ऋ** या स्क्रूंस किंवा **ऋ** आणि **ब** या स्क्रूंस जोडिले, तर वांकड्या नळ्यांतील द्रव खालीं उतरतो, व त्यावरून उष्णताजनक परिणाम उत्पन्न झाला, असें स्पष्ट समजतें. **अ** गोलांतील नागमोडी तारेचा **ब** गोलांतील तारेच्या फक्त निम्मा प्रतिबंध असेल, तर **क** आणि **व** या दोन स्क्रूंस जोडून एकच प्रवाह दोन्ही तारांत जात असला, तर **अ** गोलास जोडलेल्या नळींतील द्रव **ब** गोलास जोडलेल्या नळींतील द्रवाच्या निम्मे उतरेल; येणेंकरून मंडलांतील कोणत्याही भागांत जो उष्णताजनक परिणाम घडतो, तो त्या भागांतील प्रतिबंधाच्या प्रमाणांत असतो, असें सिद्ध होतें.

८७. उष्णताजनक परिणामाचा व्यवहारांत उपयोग.— खडक फोडण्याकरितां व लढाईच्या कामांत किल्ल्यांचे तट वगैरे उडविण्यासाठीं सुरुंग पेटविण्यास विद्युत्प्रवाहाच्या उष्णताजनक परिणामाचा व्यवहारांत उपयोग करितात. सुरुंग पेटविण्यासाठीं ज्या वातीचा उपयोग करितात, त्यास इंग्रजींत फ्यूज (Fuse) असें ह्मणतात. मराठींत डांबरवत्ती असें नाव आहे. आकृति १०४ मध्यें या प्रकारची अगदीं साधी एक डांबरवत्ती दाखविली आहे.



... अ, अ आणि ब, ब या दोन रेशमानें किंवा रबरानें मढविलेल्या जाड तारा बसवितात. वरच्या बाजूस लांकडाच्या कंडक्याबाहेर तारांचीं टोंकें दोन दोन बोटें आलेलीं असतात; व खालच्या बाजूस कंडक्यास पाडलेल्या भोंकांतून दोन्ही तारा बाहेर काढलेल्या असतात. या तारा कंडक्याच्या दोहों बाजूंस ताठ रहाव्या ह्मणून कंडक्यावर त्यांस बारीक दोऱ्यानें वर खालीं बांधतात; व वरच्या बाजूचीं टोंकें एकमेकांपासून अंतरावरच राहूं देतात. या टोंकांस प्लाटिनम धातूच्या बारीक तारेच्या तुकड्यानें जोडितात. आणि दुसऱ्या टोंकांस विद्युन्मालेचे दोन ध्रुव जोडितात. यांतील प्लाटिनमची तार लालभडक होऊन दारू पेटविणारी असते, ह्मणून तीच यांतील वास्तविक बत्ती होय. या बत्तीच्या सभोंवतीं दारवेनें भरलेला काडतुसासारखा एक कागदाचा डबा असतो, या डब्याचें तोंड बंद करून जी दारू उडवावयाची असेल, त्या दारूच्या पिशवींत वरच्या डब्यासकट लांकडाचा कंडका खोंबसतात. आणि ती पिशवी जें ठिकाण सुरुंगाच्या योगानें उडवावयाचें असेल, त्यांत बसवितात, आणि उडविणारा लांब मालेपाशीं येतो. विद्युन्मंडलाच्या ज्या भागांत प्रतिबंध जास्त असतो, त्याच ठिकाणीं उष्णताजनक परिणामही जास्त होतो. प्लाटिनम धातूचा प्रभावाच्या वहनास स्वभावतः जास्त प्रतिबंध होतो, आणि याची तार जितकी जास्त बारीक असेल, तितका जास्त प्रतिबंध होईल. ह्मणून ग्रोव्हच्या थोड्याशा चक्रांच्या मालेचा प्रवाह या मंडलांत सोडतांच प्लाटिनमची बारीक तार तत्काळ शुभ्रोष्ण होते, व तिनें दारू पेटून अंतरावरचा सुरुंग उडतो.

मूळव्याधीचा मोड किंवा काळपुळी अगर दुसरी एकादी पुळी किंवा आवाळू कापावयाचें असलें, ह्मणजे शस्त्रक्रिया करितांना कापण्यास व डागण्यास प्रवाहाच्या उष्णताजनक परिणामाचा उपयोग करितात. पुळी किंवा मोड,

कापावयाचा असला ह्मणजे प्रवाहमंडलांतील प्लाटिनम धातूची तार त्यावर फिरवितात. या तारेनें चाकूप्रमाणें कापलें जाऊन कापलेली जागा डागल्या-प्रमाणें भाजून जाते. तारेचें उष्णमान ६००° **श** असलें ह्मणजे मांसाळ स्नायूंचें ज्वलन पूर्ण होतें व तोंडें अगदीं बंद होऊन रक्त अगदीं वाहत नाहीं. १५००° **श** उष्णमान असलें ह्मणजे तीक्ष्ण धारेच्या चाकूप्रमाणें तारेचें कार्य होतें.

मोठ्या यंत्राच्या विजेनें दिवे लावतात तेव्हां विजेच्या प्रवाहाचा जोर फार होऊन अपघात होऊं नयें, ह्मणून मंडलांत तारेचे रक्षक तुकडे लावितात. हे शिशाच्या तारेचे तुकडे असतात. यांची लांबी व जाडी अशी ठेवितात कीं, प्रवाहाचा विवक्षित जोर झाला तर त्यापासून जी उष्णता उत्पन्न होते तिनें ते तुकडे वितळावे आणि प्रवाह तुटावा. विजेच्या दिव्यांकरितां ज्या मोठ्या जोराच्या प्रवाहाचा उपयोग करितात त्याच्या मंडलांत असे रक्षक तुकडे घालतात. केवढ्या जोराच्या प्रवाहानें केवढ्या जाडीची व लांबीची तार वितळेल हें बरोबर काढितां येतें. ह्मणून मंडलांतील प्रवाह विवक्षित मर्यादे-हून जास्त जोराचा न व्हावा अशी योजना सहज करितां येते.

८८. प्रकाशजनक परिणामः—रसायनजन्य विद्युन्मालेचें मंडल पुरें करण्याकरितां जेव्हां दोन्ही ध्रुवांस आपण जोडतों, तेव्हां ठिणगी उत्पन्न होते व तिचें तेज पुष्कळ वेळा फार असतें. मंडल तोडतांच पुनः तसलीच व तेवढ्याच तेजाची ठिणगी निघते. विद्युन्माला बरीच मोठी असली, तर दोन्ही ध्रुवांस अतिनिकट आणिल्यानें हे प्रकाशजनक परिणाम उत्पन्न होतात. एका ध्रुवापासून निकट असलेल्या दुसऱ्या ध्रुवाकडे मधील अवकाशांतून एकसारख्या एकामागून एक अशा ठिणग्या जातात आणि या ठिणग्या लागोपाठ इतक्या जलद जातात कीं, तेणेंकरून एकसारखा प्रकाश उत्पन्न होतो. प्रवा-हमंडलांत दोहों विद्युतांचा जो आपोआप अतिशय जलद संयोग होऊन प्रवाह उत्पन्न होत असतो, त्याची प्रचीति या ठिकाणीं स्पष्ट येते. ग्रोव्हच्या दहा चक्रांची माला घेतली आणि एका कानशीस एक ध्रुव जोडिला व दुसऱ्या कानशीस दुसरा ध्रुव जोडिला, तर एका कानशीचें टोंक दुसरीच्या दांतांवरून

ठिणग्या दिसतात.

आकृति १०५ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें कोकच्या दोन पेनसली मोठ्या

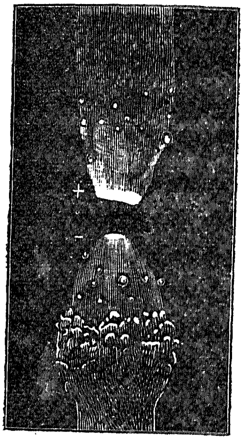
आ० १०५.



विद्युन्मालेच्या दोहों ध्रुवांस जोडिल्या तर विद्युत्प्रकाशाचा सुंदर परिणाम दिसतो. पेनसलीच्या टोंकास परस्पर अतिनिकट ठेविलें ह्मणजे एका टोंकापासून

दुसऱ्या टोंकाकडे विद्युत्प्रवाह जातो आणि तीं टोंकें लवकरच शुभ्रोष्ण होतात. नंतर जर त्यांस परस्परांपासून सुमारें $\frac{1}{10}$ इंच अंतरावर ठेविलें तर मधील हवा उष्ण होते, पेनसलीच्या टोंकांतून बारीक कण वेगळे होऊन शुभ्रोष्ण होतात, आणि पेनसलीच्या एका टोंकापासून दुसऱ्या टोंकाकडे जातात. येणेंकरून दोहों टोंकांमध्यें प्रकाशाची कमान बनते, व तिचें तेज व चकाकी अत्यंत असते. या कमानीस **विद्युत्कमान** ह्मणतात.

आ० १०६.



प्रवाहाच्या जोराप्रमाणें या कमानीची लांबी भिन्नभिन्न असते. हवेंत ६०० चक्रांच्या मालेनें ही कमान दोन इंचांहूनही जास्त लांब असूं शकते. धनध्रुवास जोडलेल्या कोकच्या पेनसलीचें टोंक पाहिलें, तर तें झिजून जाऊन त्यावर पोकळ खळगी पडली आहे आणि ऋणध्रुवास जोडलेली पेनसिल वाढून तिच्या टोंकावर टेंगूळ आलें आहे असें दिसून येईल. (आ० १०६ पहा).

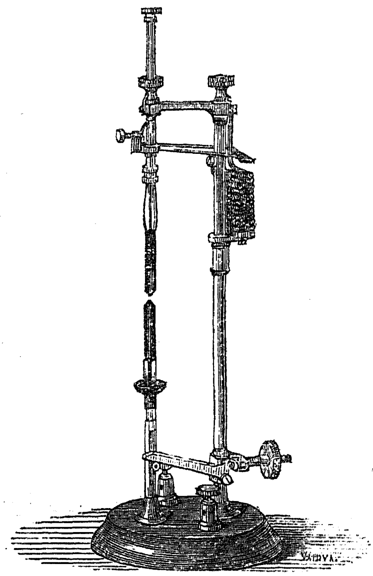
यावरून हें उघड दिसतें कीं, कार्बानाचे कण धनध्रुवापासून ऋणध्रुवावर जातात; आणि याच दिशेनें दोहों ध्रुवांमध्यें विद्युल्लतेचें वहन घडतें. आकृतींत पेनसलींच्या टोंकांत जे लहान लहान गोलक दिसतात ते कोकमध्यें जे खनिज पदार्थ असतात ते विद्युत्कमानीच्या उच्च उष्णमानानें वितळून गेल्यामुळें त्याचे थेंब दिसतात.

सार्वजनिक ठिकाणीं विजेचे दिवे लावण्यासाठीं जी दिव्याची रचना असते ती आ० १०५ मध्यें दाखविली आहे. एका सोयीच्या बैठकीवर विजेचा दिवा बसविलेला असतो. यांत अशी यांत्रिक योजना असते कीं, ती शक्तिमान् विद्युन्मालेच्या प्रवाहानें चालते व तेणेंकरून कोकचीं टोंकें किंवा ध्रुव नियमित

अंतरावरच राहतात. कारण एकसारखा व चांगला प्रकाश पडण्यास हीं टोंकें नियमित अंतरावर राहणें अवश्य असतें.

कोकचीं टोंकें नियमित अंतरावर ठेवण्यासाठीं निरनिराळ्या प्रकारचीं अनेक यंत्रें असतात, आणि तीं सर्व बिकट व खर्चाचीं असतात. **ब्राउनिंग** याचें यंत्र साधें असतें, तें आ० १०७ मध्यें दाखविलें आहे. त्यावरून वरील यंत्राचें कार्य कसें घडतें याची साधारण कल्पना करितां येईल. यंत्राच्या बैठकीवरील उजवीकडच्या स्क्रूस विद्युन्मालेची तार जोडिली, ह्मणजे त्यांतून मधल्या धातूच्या खांबांत प्रवाह जातो. त्यांतून या खांबावरच्या माथ्यावर जी आडवी कांब आहे तिजमध्यें जातो, व तिजमधून वरच्या कार्बोनच्या तुकड्यांत व त्यांतून खालच्या कार्बोनच्या तुकड्यांत व तेथून डावीकडच्या स्क्रूंत व त्यास जोडलेल्या तारेंतून मालेच्या दुसऱ्या ऋणध्रुवास पोंचतो आणि मंडल पुरें होतें. कार्बोनाचे तुकडे किंवा पेन्सिली बसविण्याच्या दोन पितळी

आ० १०७.



नळ्या असतात. खालची नळी बैठकीवर पक्की बसविलेली असून तिजवरील एका स्क्रूस जोडलेली असते. वरचा कार्बोनाचा तुकडा असलेली नळी मुख्य खांबास आडव्या जोडलेल्या तुकड्याच्या शेवटांत बसविलेल्या दुसऱ्या नळींत वर खालीं सरण्याजोगी सैल असते; यामुळें ती आपल्या वजनानें खालीं सरकून खालच्या कार्बोनाच्या तुकड्यावर टेंकते. परंतु मुख्य खांबावर एक विद्युच्चुंबक असतो, व त्याचा धारक कार्बोन असलेल्या नळीस जोडलेला असतो, व त्यास एक गोल कमान असते. ती कमान, विद्युच्चुंबकानें धारकास,

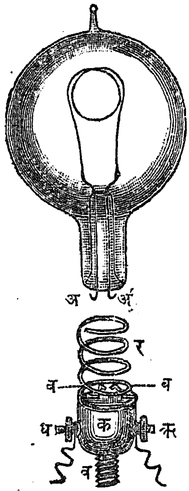
आकर्षण केलें, ह्मणजे कार्बोनाच्या नळीस गच्च धरून खालीं जाऊं देत नाहीं; आणि जेव्हां विद्युच्चुंबक धारकास आकर्षण करीत नाहीं, तेव्हां ही कमान सैल राहते, व कार्बोनची नळी खालीं उतरते, व वरचा कार्बोनचा तुकडा खालच्या तुकड्यावर टेंकतो.

याप्रमाणें जेव्हां दोन्ही तुकडे एकमेकांवर टेंकलेले असतात, तेव्हां मालेचे दोन ध्रुव बैठकीवरील दोहों स्क्रूंस जोडले, ह्मणजे प्रवाह कार्बोनाच्या दोहों तुकड्यांतून खेळतो, परंतु प्रकाश पडत नाहीं. आतां वरचा कार्बोनाचा तुकडा यत्किंचित् वर उचलला ह्मणजे खूब तेजस्वी प्रकाश पडतो. याप्रमाणें दिवा एकदां सुरू केल्यावर वरचा कार्बोनाचा तुकडा खालीं सोडून दिला, तरी विद्युत्चुंबकानें तो नियमित अंतरावर राहतो, व दिवा चालतो. कारण कांहीं कार्बोन जळून गेला, आणि त्यामुळें दोहों तुकड्यांमधील अंतर प्रवाह न जाण्याजोगें वाढलें, ह्मणजे लागलीच चुंबकाची कांहीं शक्ति कमी होते, व तो धारकास कमी आकर्षण करूं लागतांच धारक वर उचलतो, व कमान सैल पडून कार्बोन आपल्या वजनानें खालीं उतरूं लागतो. असा खालीं येतां येतां खालच्या तुकड्यास लागण्यापूर्वीच पुनः प्रवाह वाहूं लागून चुंबक धारकास आकर्षण करितो, व त्यास लावलेली कमान कार्बोनाच्या नळीस ओढून धरिते. याप्रमाणें कार्बोनाचीं टोंकें नियमित अंतरावर राहतात, आणि प्रकाश एकसारखा व तेजस्वी पडतो. या प्रकाशास **कमानरूप प्रकाश** ह्मणतात, आणि ज्या यंत्रानें हा प्रकाश पडतो, त्यास कमानदार दिवे (Arch lamps) ह्मणतात.

रसायनजन्य विद्युन्मालेनें विद्युत् उत्पन्न करण्यास फार खर्च लागतो, व खटाटोपही फार पडतो. ह्मणून विशेष कारणांशिवाय विजेचे दिवे लावण्यास रसायनजन्य विद्युन्मालेचा उपयोग करीत नाहींत. परंतु आलीकडे चुंबकजन्य व गतिजन्य विद्युद्यंत्रांत फार सुधारणा झाल्या आहेत, आणि या यंत्रात यांत्रिक शक्तीचें विद्युल्लतेमध्यें पूर्णपणें रूपांतर करितां येतें. त्यापासून विजेचे दिवे अशा कमी खर्चांत लावतां येतात कीं, सार्वजनिक ठिकाणीं व घरांमध्यें प्रकाशाकरितां धुराच्या व दुसऱ्या दिव्यांच्या जागीं विजेच्या दिव्यांचा उपयोग बराच होऊं लागला आहे. अशा यंत्रांचा प्रवाह तारेनें आकृति १०५ व १०८ मध्यें दाखविल्यासारख्या दिव्यांत नेतात, आणि ते दिवे

प्रकाश पाडण्यास ते फार उपयोगी असतात. परंतु घरांमध्यें प्रकाश पाडण्याकरितां आकृति १०८ मध्यें दाखविल्यांसारख्या छोट्या निर्ज्योत किंवा

आ० १०८.



शुभ्रोष्ण तारेच्या दिव्यांचा उपयोग करितात. हे दिवे जरी कमानदार दिव्यांइतके शक्तिमान् नसतात, तरी यांचा प्रकाश अति प्रखर नसल्यामुळें आल्हादकारक असतो, व असले दिवे पुष्कळ ठिकाणीं लावतां येतात. या दिव्याचें मुख्य बीज असें आहे कीं, अगदीं निर्वात केलेल्या अशा लहानशा कांचेच्या गोलांत बसविलेल्या एका कार्बोनाच्या बारीक तारेंतून किंवा तंतूंतून प्रवाह जाऊं देतात. त्यापासून प्रवाहाच्या वहनास त्या तारेचा फार प्रतिबंध होऊन ती तार शुभ्रोष्ण होते, व त्यापासून फार प्रकाश पडतो. ही तार एका विशेष रीतीनें तयार केलेली असते, आणि कार्बोन हा न वितळणारा व न उडणारा ह्मणजे वायुरूपांत न जाणारा असल्यामुळें याचीच योजना करितात. मोठा जोराचा प्रवाह गेला तर दुसऱ्या कोणत्याही धातूची तार अशी टिकत नाहीं. या कार्बोनाच्या तारेचीं किंवा दोऱ्याचीं शेवटें **अ, अं** या दोन तारांस जोडलेलीं असतात, आणि यांचीं टोंकें वांकवून त्यांस **ब, बं** या लांकडी बैठकींतील आंकड्यांस सहज जोडतां येतें, व त्या दोहोंमध्यें जी **र** नागमोडी कमान असते, त्या कमानीच्या दाबानें दोहोंचा संयोग चांगला राहतो. **ब, बं** हे आंकडे **ध, ऋ** या दोन स्क्रूंस जोडलेले असतात, व यांस विद्युन्मालेचे दोन ध्रुव जोडतात (आ० १०८). **व** या स्क्रूनें **क** ही दिव्याची बैठक दिव्यासकट एखाद्या खांबावर किंवा भिंतीस लावलेल्या आंकड्यावर अगर झुंबराच्या ढांपीवर बसवितां येते. हे दिवे अनेक प्रकारचे करितात. वर

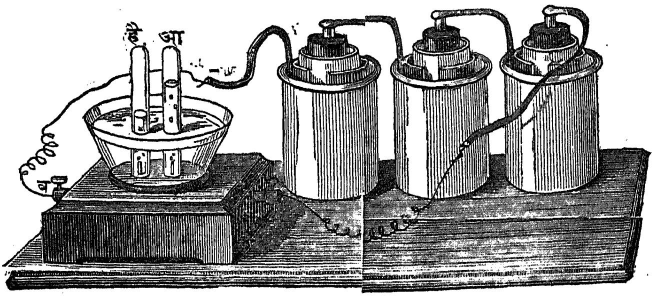
दाखविलेला दिवा न्यूक्यासल येथील **स्वान** यानें केलेला आहे. यांतील कार्बोनाची तार किंवा त्याचा दोरा कापसाच्या विशेष जातीच्या दोऱ्यास कार्बोनाचें रूप देऊन तयार केलेला आहे. अमेरिकेंतील न्यूयार्क शहरचा प्रसिद्ध विद्युद्वेत्ता **एडिसन** यानें असल्या आपल्या दिव्याकरितां कार्बोनाचे दोरे चिव्याच्या तंतूचे केलेले आहेत.

असला दिवा कांहीं दिवस उपयोगांत असला ह्मणजे त्यांतील कार्बोनाचा दोरा वितळून जाऊन तुटतो. चांगला तयार केलेला दिवा लावण्यास बेताचा जोराचा प्रवाह घेतला, तर एकंदर १,००० तास टिकतो. प्रकाशाचा प्रखरपणा प्रवाहाच्या जोरावर अवलंबून असतो, व त्या जोराप्रमाणें वाढतो. उदाहरणार्थ १६ मेणबत्त्यांइतका प्रकाश पाडणारा दिवा असला, तर प्रवाहाचा जोर वाढविल्यानें त्याचा प्रकाश दुप्पट ह्मणजे ३२ मेणबत्त्यांइतका किंवा जास्तही पाडतां येतो. तथापि याप्रमाणें प्रकाश वाढविल्यानें दिवा जास्त दिवस टिकत नाहीं. जसजसा प्रवाह जास्त जोराचा असेल, व प्रवाह प्रखर असेल, तसतसा दिवा कमी काळ टिकतो.

प्रवाह उत्पन्न करणारें विद्युद्यंत्र (क० १२६ पहा) चालविण्यास एक घोड्याच्या शक्तीचें वाफेचें यंत्र घेतलें, तर १६ मेणबत्त्यांच्या शक्तीचे १२ दिवे लागतात. परंतु याच प्रवाहानें कमानीचा दिवा लाविला, तर त्याचा ५ पासून १० पटीपर्यंत प्रकाश पडतो.

८९. रासायनिक परिणामः—विद्युत्प्रवाहाच्या सर्व कार्यांत प्रवाहापासून जे रासायनिक परिणाम घडतात, ते अत्यंत महत्वाचे आहेत. ज्या पदार्थांतून प्रवाह जातो, त्यांचे मूलघटक परस्परांपासून वेगळे होतात, व एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत जातात. विद्युन्मालेनें सन १८०० सालीं **कारलाइल** आणि **निकोलसन** यांनीं अगदीं प्रथम पाण्याचें पृथग्भवन केलें. बनसेनच्या ३।४ चक्रांनीं पाण्याचें त्वरित पृथग्भवन होतें. हें पृथग्भवन करण्यास आकृति १०९ मध्यें दाखविलेलें यंत्र फार सोईचें असतें. यांत एका लांकडी बैठकीवर एक कांचेचा पेला बसविलेला आहे. पेल्याच्या बुडांतून २ प्लाटिनमच्या तारा पेल्यांत नेलेल्या आहेत, व त्यांचीं बाहेरचीं टोंकें बैठकीवरील **अ, ब** या दोन स्क्रूंस जोडलेलीं आहेत, व या दोन स्क्रूंस

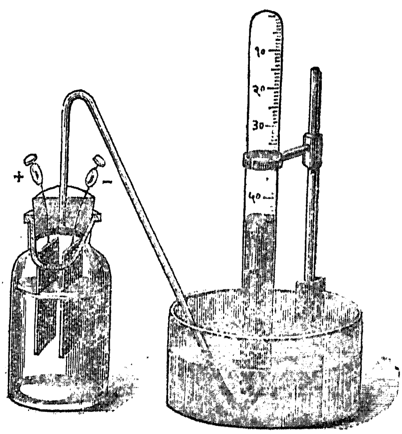
आ० १०९.



विद्युन्मालेचे ध्रुव जोडतां येतात. भांड्यांत पाणी भरून त्याची विद्युद्ग्राहकता वाढविण्यासाठीं त्यांत थोडें सल्फ्युरिक आसिड मिळवितात. कारण शुद्ध पाण्यांतून विद्युल्लतेचें चांगलें वहन होत नाहीं. कांचेच्या दोन नळ्या पाण्यानें भरून पाण्यांतील प्लाटिनम धातूच्या तारांच्या टोंकांवर उपड्या कराव्या. मालेचे दोन ध्रुव दोहों स्क्रूंस जोडून हें यंत्र मंडलांत घेतलें, ह्मणजे पृथग्भवन जलद सुरू होतें, आणि प्रत्येक तारेच्या टोंकापासून वायूचे बुडबुडे निघूं लागतात. ऋणध्रुवापासून जो वायु निघतो, त्याचा आकार धनध्रुवापासून निघालेल्या वायूच्या दुप्पट असतो. या वायूंची परीक्षा केली ह्मणजे दुप्पट असलेला वायु **हैड्रोजन** आहे आणि एकपट असलेला **आक्सिजन** आहे, अशी खात्री होते. ह्मणून या प्रयोगानें पाण्याचें गुणविशिष्ट आणि परिमाण-विशिष्ट पृथक्करण होतें. कारण यावरून पाण्यांत २ मापें हैड्रोजन व १ माप आक्सिजन आहेत, असें सिद्ध होतें.

प्लाटिनमचे दोन ध्रुव आसिडमिश्रित पाण्यांत परस्पर जवळ ठेविले, तर दोहों वायूंचें मिश्रण जमवितां येतें. या मिश्रणास बत्ती लावून किंवा योग्य अशा भांड्यांत मिश्रण घेऊन त्यांत विजेची ठिणगी सोडिली, तर दोहों वायूंचा संयोग होऊन मोठा बार होतो, व त्यापासून पाणी बनतें. या मिश्रवायूस उडणारा वायु ह्मणतात. या मिश्रवायूस छेद पाडलेल्या नळींत जमविलें तर असें आढळून येतें कीं, भिन्नभिन्न जोराच्या प्रवाहांनीं भिन्नभिन्न त्वरेनें हे वायु निघतात. प्रवाह फार जोराचा असला, तर वायु त्वरेनें निघतात. ह्मणून

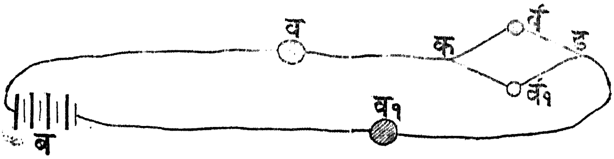
आ० ११०.



विवक्षित काळांत निघालेल्या वायूचें आकारमान प्रवाहाच्या जोराच्या प्रमाणांत असतें, व या आकारमानावरून जोर मापितां येतो. असा जोर मापण्याकरितांच **फारेडे** यानें हें यंत्र काढिलें, व यास त्यानें **व्हाल्टामिटर** किंवा **द्रवविद्युन्मापक** असें नांव दिलें (आ० ११० पहा).

या यंत्रानें विद्युत्प्रवाह कसा विभागतां येतो, याचें बीजही सोयीनें दाखवितां येतें. असें समजा कीं, **ब** ही एक विद्युन्माला आहे (आ० १११ पहा), आणि **व, व१** हे दोन सारख्या आकाराचे **व्हाल्टामिटर** किंवा वरच्यासारखे द्रवविद्युन्मापक आहेत. प्रवाह **क** ठिकाणीं सारखा विभागला जाऊन त्यापासून सारख्या अंतरावर **वं, वं१** असे दोन व्हाल्टामिटर ठेविलेले आहेत; व यांतील दोन्ही तारा **ड** ठिकाणीं एकत्र होऊन प्रवाह **व१** मापकांतून माळेंत गेला आहे (आ० १११). मंडल पुरें करून कांहीं वेळ प्रवाह जाऊं

आ० १११.



दिला, आणि या काळांत वेगळा झालेला वायु मापिला, तर असें दिसून येतें कीं, मंडलाच्या न विभागलेल्या भागामधील **व** आणि **व१** या दोन मापकांत निघालेल्या वायूंचीं आकारमानें सारखीं असतात. आणि **वं, वं१** हीं मापकें

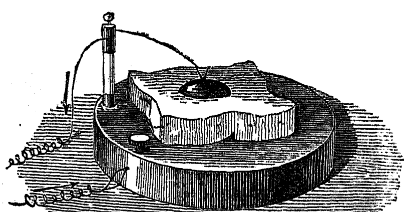
सारखीं असतील, तर त्या दोहोंमध्यें निघालेल्या वायूंचीं आकारमानेंही सारखीं असतात; परंतु **व** आणि **व**$_1$ यांमधील वायूंच्या आकारमानापेक्षां कमी असतात. परंतु **वं** व **वं**$_1$ या दोहोंमधील वायूंच्या आकारमानांची बेरीज **व** किंवा **व**$_1$ यांतील वायूच्या आकारमानाएवढीच असते. आणि **वं** आणि **वं**$_1$ हीं दोन मापकें जरी सारखीं नसलीं, तरीही त्या दोहोंमधील वायूंच्या आकारमानांची बेरीज **व** किंवा **व**$_1$ यांतील वायूच्या आकारमानाबरोबरच असते.

याचा अर्थ असा होतो कीं, जर प्रवाह दोन फांट्यांनीं गेला, तर दोहों फांट्यांमधील वाहकत्व जसें असेल, त्याप्रमाणें त्याचे विभाग होतात. ह्मणजे त्यांमधील प्रतिबंधाच्या उलट प्रमाणांत हे विभाग असतात.

९०. विद्युद्विच्छेदनः—पाण्यासारखे जे पदार्थ विद्युत्प्रवाहानें आपल्या घटक मूलतत्वांत पृथग्भूत होतात, त्यांस **फारेडे** यानें **विद्युद्विछेद्य** ही संज्ञा दिली; व या विषयासंबंधीं सर्व शोध यानेंच केले, व याची परिभाषाही यानेंच बसविली. विद्युन्मालेनें जें पृथग्भवन होतें, त्यास **विद्युद्विच्छेदन** ह्मणतात.

जे कित्येक पदार्थ मूलतत्वें आहेत, असें पूर्वीं समजत होते, त्यांचें संयुक्त स्वरूप विद्युन्मालेनें स्थापन झालें. पाण्याच्या पृथग्भवनाच्या शोधानंतर **डेव्ही** यानें २५० चक्रांच्या मालेनें पोट्याश व सोडा या दोन आल्केलींचें पृथग्भवन करून पोट्यासियम व सोडियम या नांवाच्या त्या वेळेपर्यंत माहीत नसलेल्या अशा नव्या धातूंचे हे सजल आक्साइड किंवा हैड्राक्साइड आहेत, असें सिद्ध केलें. ४ किंवा ६ चक्रांच्या मालेनें खालीं लिहिल्याप्रमाणें पोट्याशचें पृथग्भवन करितां येतें (आ० ११२). कास्टिक पोट्याशच्या भरींव तुकड्यांत एक खळगी करून व तिला ओलें करून तिजमध्यें पाण्याचा एक थेंब टाकावा. तो तुकडा प्लाटिनमच्या पत्र्यावर ठेवून त्यास मालेचा ध्रुव जोडावा. नंतर तुकड्याच्या खळगींतील पाण्यास धनध्रुवानें

आ० ११२.



स्पर्श करावा. ह्मणजे तुकड्यांतून प्रवाह जाऊन पोट्याशचें पृथग्भवन होतें, आणि धनध्रुवापासून आक्सिजन निघतो, आणि ऋणध्रुवापाशीं पोट्यासियम वेगळा होऊन पाऱ्याशीं संयोग पावतो, व त्याचा अमाल्गम बनतो. या अमाल्गमास हवारहित ठिकाणीं उष्ण करून त्यांतील पारा उडविला, ह्मणजे पोट्यासियम मागें राहतो.

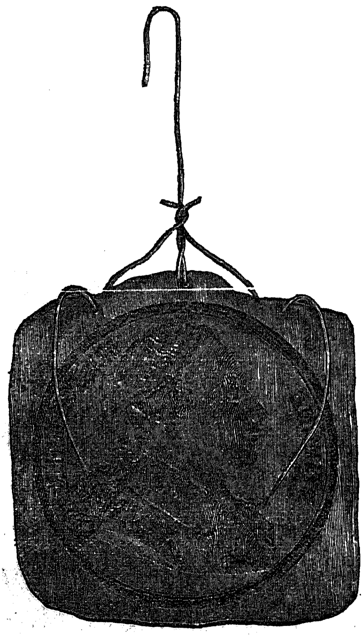
द्वितत्विक संयुक्त पदार्थांचें पृथग्भवन पाणी व पोट्याश यांसारखेंच होतें. एकतत्व धनध्रुवाकडे व दुसरें ऋणध्रुवाकडे जातें. धनध्रुवाकडे जीं मूलतत्वें वेगळीं होतात, त्यांस **ऋणध्रुवी** तत्वें ह्मणतात. कारण विच्छेदनकाळीं तीं ऋणविद्युल्लतेनें जागृत असतात; आणि जीं ऋणध्रुवाकडे वेगळीं होतात, त्यांस **धनध्रुवी** मूलतत्वें ह्मणतात. ज्या पदार्थाशीं सांगड झालेली असेल, त्याप्रमाणें एकच पदार्थ ऋणध्रुवी व धनध्रुवी असूं शकतो. उदाहरणार्थ हैद्रोजनाच्या संबंधानें गंधक ऋणध्रुवी असतो, व आक्सिजनाच्या संबंधानें धनध्रुवी असतो. या सर्व मूलतत्वांची अशी एक श्रेणी करितां येते कीं, कोणतेंही एकादें तत्व श्रेणींतील पुढील तत्वाशीं संयोग पावलें असतां ऋणध्रुवी असेल, व मागील तत्वाशीं संयोग पावलें असतां धनध्रुवी असेल. या श्रेणीस **विद्युत्रासायनिक श्रेणी** ह्मणतात, व या श्रेणींत अत्यंत ऋणध्रुवी असें आक्सिजन हें मूलतत्व आरंभीं असतें, आणि अत्यंत धनध्रुवी तत्व पोट्यासियम श्रेणीच्या शेवटीं असतें.

९१. विद्युल्लतेनें ठसे व छाप उठविणें:—धातूचे पुतळे, पदकें, नक्षीदार खांब वगैरे करण्याची साधारणतः रीति अशी असते. भाजलेल्या मातीचे किंवा वाळवेचे सांचे करितात. हे सांचे पदार्थांच्या उलट्या व पोकळ नकला असतात. यांत वितळलेलें लोखंड किंवा ब्रांझी धातु ओततात. धातूचा रस थंड झाला ह्मणजे मूळ पदार्थाच्या हुबेहूब नकला तयार होतात. विद्युल्लतेनें नकला घेण्यासही मूळ पदार्थाचा सांचा लागतो; परंतु नक्कल घेण्यास रस किंवा अग्नि यांची गरज लागत नाहीं. मालेच्या प्रवाहानें सांच्यावर हव्या तेवढ्या जाडीचा थर बसतो, व मूळ पदार्थाची हुबेहूब नक्कल बनते.

विद्युल्लतेनें धातु चढविण्याच्या रीतींत दोन भिन्न कृति कराव्या लागतात. (१) ज्या पदार्थाची नक्कल घेणें असेल त्याचा सांचा तयार करावा लागतो; आणि (२) या सांचाच्या पोकळींत धातु चढवावा लागतो. पहिली कृति फार नाजूक असते व तिजवर उत्तम नक्कल येणें न येणें हें सर्वांशीं अवलंबून असतें.

सांचे घेण्यास अनेक पदार्थांचा उपयोग करितात. मेण, स्टीरीन, सुविलय धातु, गटापर्चा इत्यादि पदार्थ सांचे घेण्यास घेतात. लहान पदार्थांचे सांचे घेण्यास गटापर्चाचाच उपयोग करितात. साधारण उष्णमानावर हा पदार्थ कठीण व घट्ट असतो. परंतु यास गरम पाण्यांत टाकतांच तो नरम होतो. गटापर्चा बराच नरम झाला, ह्मणजे ज्या पदकाचा सांचा घेणें असेल, त्यास त्यावर ठेवून दाबतात. पदकासारख्या धातूच्या पदार्थाचा सांचा घेणें असला तर, गटापर्चा थंड होतांच त्यापासून सहज सुटतो. परंतु एकाद्या लांकडी कोरींव आकृतीचा किंवा प्लास्टरच्या पुतळ्याचा सांचा घेणें असला, तर गटापर्चा त्यास चिकटतो व सांचा बिघडल्याशिवाय त्यास सोडवितां येत नाहीं. परंतु पदार्थावर शिसपेनेच्या दगडाची पूड चोळल्यानें गटापर्चा त्यास चिकटत नाहीं व लवकर सुटतो.

आ० ११३.



पदकाची नक्कल घेणें आहे असें समजूं, व त्याचा गटापर्चाचा सांचा घेतला

आ० ११४.

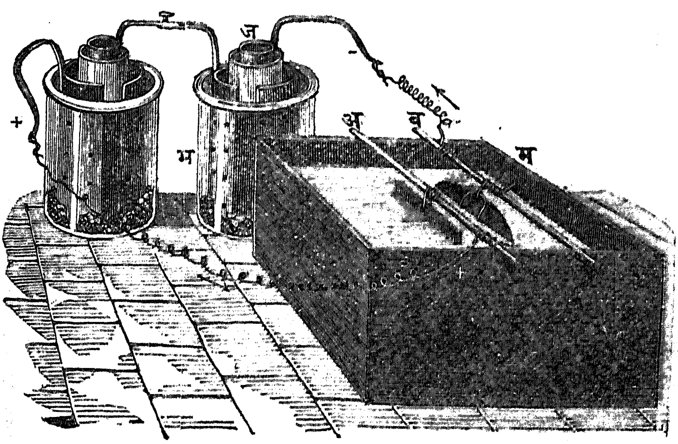


आहे; तो पोकळ व उलटा असेल. गटापर्चा विद्युद्वाहक नसून विद्युत्स्थापक आहे, ह्मणून त्यास विद्युद्वाहक करणं जरूर आहे. ग्राफाइट ह्मणजे शिसपेनेचा दगड याची पूड विद्युद्वाहक असते; ह्मणून ती सांच्यावर जपून ब्रशानें लावावी. ज्या कोनाकोपऱ्यांत धातु बसावयाचा अशा सर्व भागीं ती पूड लाविली पाहिजे. येणेंकरून सांच्याचा पृष्ठभाग वाहक होतो (आ० ११४ पहा). नंतर यास तीन तारा जोडाव्या. एक तारेनें सांचा वर उचलून धरिला जातो व दुसऱ्या दोन तारांनीं त्याकडे प्रवाह वाहतो.

याप्रमाणें तयारी झाल्यावर तो सांचा धातु चढविण्यास तयार होतो. साधारणतः तांबेंच चढवितात. परंतु सोनें रुपें चढवून त्यांचे पदार्थही करितां येतात. हे धातूही चांगले चढतात.

तांब्याची नक्कल करण्यास मोरचुदाचा दाट ह्मणजे संपृक्त द्रव एका नौकोनी

आ० ११५.



तील कार्य जास्त स्थिर व बेतानें चालतें, ह्मणून ती घेणें हें उत्तम होय. ऋणध्रुवास जोडलेल्या **ब** दांड्यास सांचा टांगावा आणि धनध्रुवास जोडलेल्या **अ** दांड्यास तांब्याचा पत्रा टांगावा. सांचा व पत्रा द्रवांत बुडतांच मंडल पुरें होऊन द्रवांतून प्रवाह वाहूं लागतो. मोरचुदाचें पृथग्भवन होतें, आणि धनध्रुवाकडे सल्फ्युरिक आसिड वेगळें होतें; आणि वेगळें झालेलें तांबें **ब** गजास टांगलेल्या सांच्यावर चढतें. या गजास एकाहून अधिक सांचे टांगिले तरी सर्वांवर तांबें चढतें.

धनध्रुव जोडलेल्या गजास जो तांब्याचा पत्रा टांगलेला असतो त्याचे दोन उपयोग होतात. यानें प्रवाह द्रवांत जातो आणि धनध्रुवापाशीं जें आसिड वेगळें होतें त्यानें तांबें विद्रुत होऊन, जेवढें मोरचूद पृथग्भूत झालें असेल, तेवढें नवें मोरचूद द्रवांत उत्पन्न होतें. यामुळें द्रव नेहमींसारख्या जोराचा राहतो; ह्मणजे द्रवांत मोरचूद सारख्या प्रमाणानें विद्रुत राहतें, व ही गोष्ट धातूचा सर्वत्र सारखा थर चढण्यास अवश्य असते.

९२. विजेनें मुलामा देणें:—पूर्वीं मुलामा पाऱ्यानें देत असत. सोनें पाऱ्यांत विरघळवून त्याचा अमाल्गम बनवीत आणि तो धातूच्या पदार्थावर लावीत. नंतर भट्टींत त्या पदार्थास उष्ण करून पारा उडवीत. ह्मणजे सोन्याचा पातळ थर धातूच्या पदार्थावर चढे. याच रीतीनें रुपेंही चढवीत. या रीतीस खर्च फार लागतो व पाऱ्याच्या वाफेपासून काम करणारांस इजा होते. ह्मणून आतां या रीतीनें सोनें रुपें न चढवितां विद्युच्छतेनें सोन्यारुप्याचा मुलामा देतात. आल्केलींत केलेला सोन्याचा द्रव आणि विद्युत्प्रवाह यांच्या योगानें सोनें दुसऱ्या धातूवर चढवितां येतें, असें व्हाल्टाचा शिष्य **ब्रुग्नाटेली** यास सन १८०३ सालीं समजलें. परंतु **डि ला रीव्ह** यानेंच प्रथमतः सोनें चढविण्यास विद्युन्मालेचा उपयोग केला. सोनें व रुपें चढविण्याच्या रीतींत अनेक सुधारणा होऊन त्या रीति हल्लीं पूर्णावस्थेस आल्या आहेत, हें **एल्किंगटन, रोल्झा** वगैरे अनेक पुरुषांच्या श्रमाचें फल आहे.

मागील प्रकरणांत विद्युल्लतेनें धातु चढवून नकला घेण्याची जी कृति सांगितली ती आणि विद्युल्लतेनें सोन्यारुप्याचा मुलामा चढविणें या दोहोंत भेद असा आहे कीं, पहिल्या कृतींत विवक्षित पदार्थाचा सांचा घेऊन त्यावर धातु चढवून मूळच्यासारखा हुबेहूब पदार्थ तयार करितात, आणि दुसऱ्या कृतींत खुद्द पदार्थावरच सोन्यारुप्याचा पातळ थर कायमचा चढवितात.

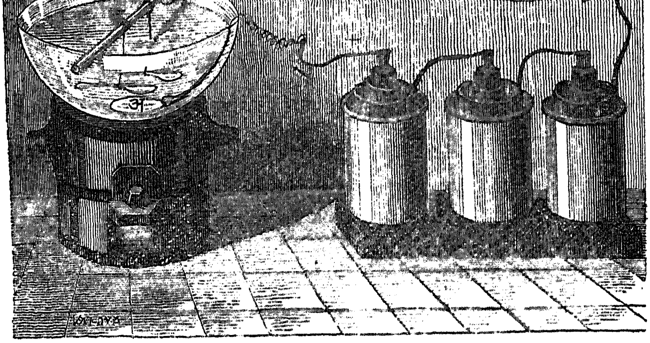
ज्यावर मुलामा चढवावयाचा त्यावर आरंभीं तीन कृति कराव्या लागतात.

(१) पदार्थावर तेलकट व चिकट द्रव्यें जीं पदार्थास लागलेलीं असतील तीं घालविण्याकरितां त्यास उष्ण करावें लागतें.

(२) मुलामा चढविण्याचे पदार्थ बहुधा तांब्याचे असतात. यांस उष्ण केलें ह्मणजे त्यांवर तांब्याच्या नीच आक्साइडाचा पटल जमतो. त्यास घालविण्याकरितां दुसरी कृति करावी लागते. ही कृति करण्यासाठीं पदार्थ उष्ण असतांच त्यास पुष्कळ पाणी मिसळलेल्या नैत्रिक आसिडांत बुडवितात व त्यावरील आक्साइड अगदीं निघून जाईपर्यंत त्यास नैत्रिक आसिडाच्या पाण्यांतच ठेवितात. नंतर त्यास बाहेर काढून तारांच्या कुंचल्यानें घांसतात, शुद्ध पाण्यानें धुतात, आणि गरम केलेल्या लांकडी भुशावर धरून त्यास कोरडें करितात.

(३) या दोन कृति केल्यावरही जे पदार्थावर कांहीं डाग राहतात त्यांस घालविण्यासाठीं तिसरी कृति करावी लागते. ही कृति अशी आहे. साध्या नैत्रिक आसिडांत पदार्थ झट्कन बुडवून काढून नंतर नैत्रिक आसिड, मीठ आणि घरोसा यांच्या मिश्रणांत बुडवितात आणि शुद्ध पाण्यानें चांगलें धुऊन पूर्वीप्रमाणें गरम भुशावर वाळवितात.

याप्रमाणें तयार केलेले पदार्थ तीन किंवा चार चक्रांच्या मालेच्या ऋणध्रुवास जोडून रुपें चढवावयाचें असल्यास रुप्याच्या द्रवांत बुडवितात (आ० ११६ पहा) व त्या द्रवाचें उष्णमान ६०° पासून ८०° श ठेवितात; आणि धनध्रुवास रुप्याचा तुकडा जोडून त्यासही द्रवांत बुडवितात. जितकें जाड रुपें चढवावयाचें असेल त्या मानानें द्रवांत पदार्थ ठेवितात. रुप्याचा द्रव निरनिराळ्या घटनेचा असतो. साधारण द्रव करण्यासाठीं २५० भाग पाण्यांत



२ भाग रुप्याचा सायनाइड व २ भाग पोट्यासियमचा सायनाइड विद्रुत करितात. द्रवांतील जितकें रुपें ऋणध्रुवास जोडलेल्या पदार्थांवर चढतें तितकें रुपें धनध्रुवास जोडलेल्या रुप्याच्या तुकड्यांतील द्रवांत विद्रुत होतें आणि द्रव कमजोर होत नाहीं.

रुप्याचा मुलामा चढविण्याच्या कृतीसारखीच थेट सोन्याचा मुलामा चढविण्याची कृति असते. भेद इतकाच कीं, रुप्याच्या द्रवाच्या जागीं सोन्याचा द्रव घेतात आणि धनध्रुवास सोन्याचा पत्रा जोडतात. सोन्याचा सायनाइड व पोट्यासियमचा सायनाइड यांचा सोन्याचा द्रव करितात.

वर वर्णन केलेल्या कृतीनें केवळ तांब्यावरच सोनें चढवितां येतें असें नसून रुपें, ब्रांझी, पितळ, जर्मन सिल्व्हर इत्यादि धातूंवरही सोनें चढवितां येतें. परंतु लोखंड, पोलाद, जस्त, कथील आणि शिसें या धातूंवर सोनें लवकर चढवितां येत नाहीं. यांवर सोनें चांगलें चढण्याकरितां त्यांवर प्रथमतः तांब्याचा पातळ थर चढवितात. पदार्थ मोरचुदाच्या द्रवांत बुडवून विद्युन्मालेनेंच हा तांब्याचा थर चढवितात; आणि या चढविलेल्या तांब्यावर वरच्याप्रमाणें सोनें चढवितात.

शिशासारख्या कित्येक धातूंचे विद्युद्विच्छेदनानें चढविलेले थर फार पातळ

असतात व त्यामुळें त्यांत साबणाच्या बुडबुड्यासारखे अनेक रंग दिसतात; व याकरितां अशा थरांचा उपयोग धातुविशिष्ट रंग देण्यासही होतो. असे रंगी बेरंगी थर चढविण्याची एक निराळीच कला आहे. तिला **मेट्या-लोक्रोमी** ह्मणतात.

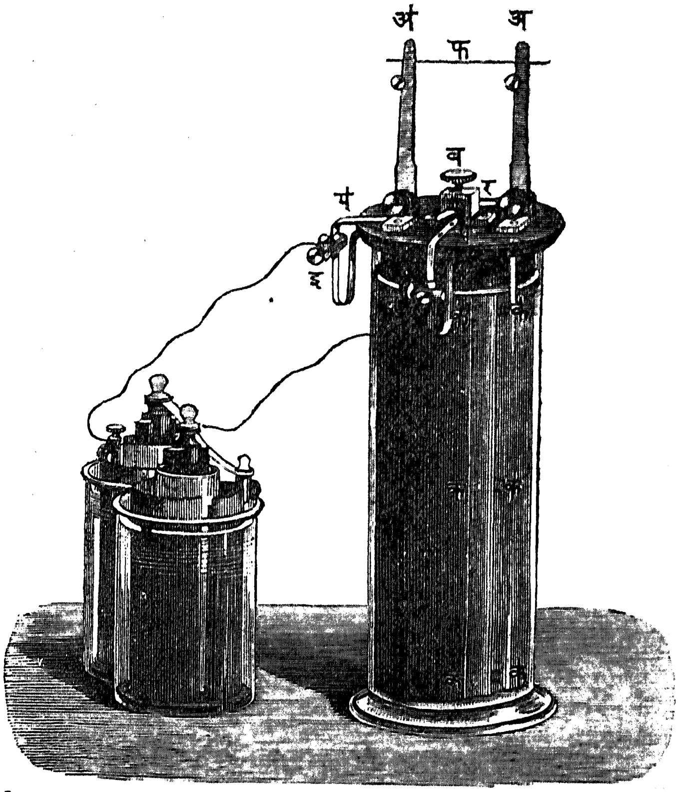
विद्युद्धात्वारोहणाचा व्यवहारांत एक महत्वाचा उपयोग होतो. तो हा कीं, तांब्याच्या पत्र्यांवर खोदून उठविलेल्या अक्षरांवर वगैरे पोलाद चढवितां येतें. या कृतीसाठीं द्रव तयार करण्यास लोखंडाचा पत्रा धनध्रुवास जोडून नवसागराच्या द्रवांत बुडवितात; आणि ऋणध्रुवास एक अरुंद लोखंडी पातळ पट्टी जोडून तिलाही त्याच द्रवांत बुडवितात. येणेंकरून धनध्रुवास जोडलेल्या थोरल्या लोखंडी पत्र्यांतील लोखंड नवसागराच्या द्रवांत विद्रुत होतें; आणि धाकट्या पट्टीपासून हैद्रोजन निघतो. याप्रमाणें द्रवांत बरेंच लोखंड विद्रुत झालें ह्मणजे ज्या कोरींव तांब्याच्या पत्र्यावर लोखंड चढविणें असेल तो पत्रा ऋणध्रुवास लहान लोखंडी पट्टीच्या जागीं जोडतात. ह्मणजे त्यावर लोखंडाचा चकचकीत थर एकदम चढूं लागतो आणि थोड्या वेळांत तांब्याचा पत्रा जिल्हई दिलेल्या पोलादी पत्र्यासारखा दिसूं लागतो. सुमारें अर्धा तास लोखंड चढूं दिलें, तरी जो थर चढतो तो फार पातळ असतो. परंतु केवळ पाणी दिलेल्या पोलादासारखा तो अत्यंत कठीण असतो, ह्मणून नुसत्या तांब्याच्या पत्र्यानें जितक्या नकला घेतां येतात त्यांहून अशा लोखंडानें मढविलेल्या ठशानें जास्त नकला घेतां येतात.

निकेल व कोबाल्ट या धातूंचे थर दुसऱ्या धातूंवर चढविण्यासाठींही या कृतीचा व्यवहारांत उपयोग होऊं लागला आहे. या धातूंचा थर फार कठीण असतो. यामुळें शिशासारखे मृदु धातु यांत्रिककाम करण्यास जास्त टिकतात. निकेलच्या मुलाम्यानें रुप्याच्या मुलाम्यासारखा थर चढतो, आणि हा रुप्यासारखा जंगत नाहीं. कोबाल्टचा थर तांबूस रंगाचा असतो.

विद्युन्मालेचे दोन ध्रुव जोडिले आणि नंतर कांहीं वेळानें मालेच्या तारा काढून प्लाटिनमच्या पत्र्यांस विद्युन्मापकाच्या तारा जोडिल्या, तर पहिल्या प्रवाहाच्या ह्मणजे मालेचा जो प्रवाह त्यांत सोडिला होता त्याच्या उलट दिशेनें वाहणारा प्रवाह यांतून वाहतो असें अनुभवास येईल. याप्रमाणें उत्पन्न झालेल्या प्रवाहास **गौणप्रवाह** ह्मणतात व या क्रियेस **विद्युत्पथाचें ध्रुवीभवन** हें नांव देतात. दोहों पत्र्यांतून प्रवाह गेल्यानें जें पृथग्भवन होतें व त्यापासून जे पदार्थ वेगळे होतात (वरच्या पृथग्भवनानें आक्सिजन व हैद्रोजन हे वायु उत्पन्न झाले) ते दोहों पत्र्यांवर जमतात; पत्र्यांस मालेपासून तोडलें ह्मणजे पृथग्भवनानें वेगळे झालेले वायु अशा स्थितींत असतात कीं, ते तत्काळ परस्पर संयोग पावून पुनः त्यांचें पाणी बनतें. यास्तव वास्तविक पाहिलें असतां या ठिकाणीं विद्युल्लता संचित होते असें नसून विद्युत्प्रवाहानें रासायनिक पृथक्करण होऊन जे पदार्थ उत्पन्न होतात, त्यांचा पत्र्यांवर संचय होतो; आणि त्यांचा पुनः संयोग होऊन विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो.

याच तत्वावर केलेली **प्लांटीची** संचायकमाला आ० ११७ मध्यें दाखविली आहे. हें वरील तत्व प्रथम **रिटर** यानें शोधून काढिलें, तरी **प्लांटीनें** ही माला प्रथमतः केली. फूट किंवा अर्धा फूट लांब आणि कांहीं फूट लांब असे दोन शिशाचे पत्रे घेऊन त्या दोहोंमध्यें एक जाड बुरणुसाचा **क, क** तुकडा घालावा आणि त्यांस एका रुळावर गुंडाळून त्यांची सुरळी करावी व ती सुरळी जलमिश्रित सल्फ्युरिक आसिडांत बुडवावी ह्मणजे प्लांटीची माला तयार होते. बनसेनच्या दोन चक्रांच्या मालेचे ध्रुव दोहों पत्र्यांस जोडिले ह्मणजे या मालेंत प्रवाह जातो, व या प्रवाहानें जीं आसिडांत रसायनकार्यें

आ० ११७.



होतात त्यांचे परिणाम संचित होऊन राहतात. या मालेच्या माथ्यावर अशी साधी एक योजना असते कीं, **ब** हा स्क्रू फिरवून पत्र्यांचा मालेच्या ध्रुवांपासून संगम तोडतां येतो व त्यांस **अ, अं** या दोन खांबांशीं जोडतां येतें व या खांबांतून गौण किंवा दुय्यम प्रवाह विद्युन्मापकांत किंवा **फ** ही तार उष्ण करण्यास; किंवा दुसरें एकादें कार्य करण्यास नेतां येतो.

या संचायकमालेनें जें कार्य घडतें व जेणेंकरून यांत विद्युत् संचित होते, त्याचें स्वरूप असें असतें. धनपत्र्यावर आक्सिजन निघतो. तो उपजत आ-

उच्च आक्साइडाचें पृथग्भवन होऊन त्यांतील शिसें वेगळें होतें व तें रजोरूप स्थितींत पत्र्यावर जमतें, आणि दुसऱ्या पत्र्यावर आतां शिशाच्या उच्च आक्साइडाचा थर जमतो. याप्रमाणें प्रवाह उलट सुलट दिशेनें पुनः पुनः सोडिल्यानें दोन्ही पत्र्यांचे पृष्ठभाग शेवटीं रजोरूप होतात आणि तेणेंकरून त्यांवर पुष्कळ वायु आकुंचित स्थितींत राहूं शकतो व अशा पत्र्यांची माला फार जोराची होते.

अशा संचायक चक्रांच्या मालेंत विद्युत् संचित करण्यासाठीं भिन्नभिन्न चक्रांस एका रांगेनें जोडून प्रवाह एका चक्रांतून दुसऱ्यांत याप्रमाणें घालवावा किंवा दोन समांतर पंक्ति करून प्रवाह सोडावा (१००). चक्रांत विद्युत् संचित केल्यावर त्यांस दोन चार पंक्तींनीं जोडावें किंवा एकाच रांगेंत एकापुढें एक जोडावें. प्लांटी याच्या मालेची रचना अशी असते कीं, तिचीं चक्रें अनेक रीतींनीं जोडतां येतात व तिजपासून फार ठळक परिणाम घडतात.

प्रकरण ९.

विद्युत् आणि चुंबन यांमधील संबंध.

९४. चुंबकत्व आणि विद्युत् यांमधील संबंधः—हीं दोन शास्त्रें उदयास येऊं लागलीं, तेव्हांपासूनच विद्युत् आणि चुंबकत्व या शक्तींच्या क्रियांमध्यें साम्य आहे, असें समजलें होतें. दोहोंमध्येंही सजातीय विद्युत् व सजातीय चुंबकत्वें परस्परांस दूर लोटितात, किंवा परस्परांपासून प्रतिसारित होतात, आणि विजातीय विद्युल्लता व विजातीय चुंबकत्वें परस्परांस आकर्षण करितात, हें लोकांच्या लक्षांत येऊन चुकलें होतें. आणखी असेंही पाहण्यांत

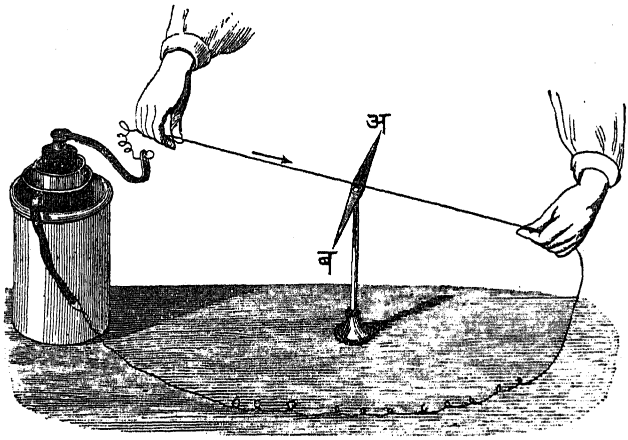
आलें होतें कीं, जाहाजावर वीज पडली ह्मणजे होकायंत्रांतील कांट्याचें चुंबकत्व पुष्कळ वेळां उलट होत असे. ह्मणजे उत्तरध्रुवाचा दक्षिणध्रुव आणि दक्षिणध्रुवाचा उत्तरध्रुव होत असे. आणि कधीं कधीं तर विजेनें कांट्यांतील सर्व चुंबकत्व नाहींसें होई. याप्रमाणें विद्युत् आणि चुंबकत्व या दोहोंचा संबंध असून दोहोंमध्यें पुष्कळ गोष्टींत साम्य आढळतें; तरी पुष्कळ गोष्टींत दोहोंमध्यें भिन्नत्वही फार आढळतें. उदाहरणार्थ, कोणत्याही चांगल्या वाहकांत विद्युत् जाते, व त्यामध्यें विद्युल्लतेचे धर्म येतात, तसें चुंबकत्व हव्या त्या वाहकांत जात नसून त्यामध्यें चुंबकाचे धर्म येत नाहींत. विद्युज्जागृत पदार्थ पृथ्वीवर ठेविला, तर त्यांतील विद्युत् नाहींशी होते; तसा चुंबक ठेविला असतां त्यांतील चुंबकत्व जात नाहीं. आणखी सर्व पदार्थांत विद्युत् जागृत करितां येते, परंतु चुंबकत्व कांहीं फार थोड्या पदार्थांत मात्र जागृत होतें. दोहोंमध्यें जें साम्य व भिन्नत्व आढळतें, त्यावरून विद्युत् आणि चुंबकत्व ज्या कारणांनीं उत्पन्न होतात, त्यांमध्यें कांहीं साम्य आहे असें ह्मणतां येत नव्हतें. परंतु सन १८१९ सालच्या अखेरीस **कोपेनहेगन** येथील पदार्थविज्ञानशास्त्राचा गुरू **ईर्स्टेड** यानें जो प्रख्यात शोध केला, त्यावरून या दोन शक्तींचा एकमेकांशीं फार निकट संबंध आहे, असें स्थापित झालें. आणि विद्युच्चुंबकत्व ही एक नवीनच या शास्त्राची शाखा निर्माण झाली. विद्युच्चुंबकत्वावरून ज्या कित्येक क्रिया चुंबकविशिष्ट आहेत त्या विद्युद्विशिष्टही आहेत, असें ह्मणतां येऊं लागलें.

९५. चुंबकावर प्रवाहाचें कार्यः—प्रवाहाच्या कार्यानें चुंबकाच्या ध्रुवांची दिशा बदलते, असा शोध **ईर्स्टेड** यानें प्रथम लाविला. विद्युत्प्रवाहाच्या कार्यानें चुंबककांट्याचें स्थलांतर होतें, आणि त्या कार्यामुळें मूळ दिशेशीं काटकोनाकार अशा दिशेंत जाण्याचा कांट्याचा नेहमीं कल असतो.

ह्मणजे **विद्युत्प्रवाहाचें चुंबककांट्यावर निर्देशक कार्य घडतें, आणि आपल्या दिशेशीं काटकोनाकार कांट्यास नेण्याचा त्याचा नेहमीं कल असतो.**

चुंबकावर प्रवाहाचें जें कार्य होतें, तें दाखविण्याकरितां आ० ११८ मध्यें

आ० १११८.



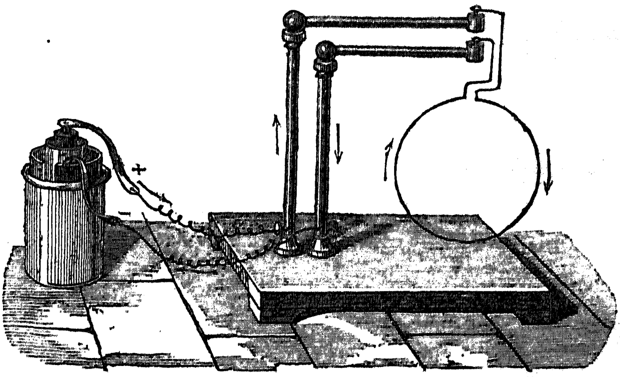
दाखविल्याप्रमाणें प्रयोग करितात. **अ, ब** हा चुंबककांटा एका टोंकावर फिरता असून चुंबक याम्योत्तराच्या दिशेंत ह्मणजे उत्तर दक्षिण स्थिर आहे. ज्या तारेंतून विद्युत्प्रवाह वाहत आहे, अशी तार कांटा ज्या दिशेंत स्थिर आहे, त्या दिशेंतच त्यावर आणून अगदीं जवळ नेली, तर चुंबककांटा लागलेंच आपलें स्थळ सोडतो, आणि कांहीं हेलकावे खाऊन शेवटीं प्रवाहाच्या दिशेशीं जवळ जवळ काटकोनाकार अशा स्थितींत तो स्थिर होतो. आणि जसा प्रवाह जास्त जोराचा असेल, त्याप्रमाणें प्रवाहाच्या दिशेशीं अधिकच काटकोनाकार होतो.

या प्रयोगांत ज्या दिशेनें कांटा वळतो, किंवा स्थलांतर पावतो, ती दिशा प्रवाहाच्या दिशेप्रमाणें बदलते. ह्मणजे जर प्रवाह दक्षिणेकडून उत्तरेकडे कांट्यावरून गेला, तर उत्तरध्रुव पश्चिमेकडे वळतो, आणि कांट्यावरूनच उत्तरेकडून दक्षिणेकडे प्रवाह गेला, तर उत्तरध्रुव पूर्वेकडे वळतो. जर विद्युत्-प्रवाह कांट्याखालून याच दिशांनीं गेला, तरी हेच परिणाम घडतात, परंतु कांट्याचें वळणें थेट उलट असतें. या सर्वांचा समावेश **अम्पियर** यानें एका साध्या नियमांत केला आहे. त्याच्या योगानें प्रवाहाची दिशा समजली, ह्मणजे चुंबकाचे ध्रुव कसे वळतात, हें तत्काळ सांगतां येतें.

९६. अम्पियर याचा नियमः—अम्पियर यानें असा नियम बसविला आहे कीं, त्याच्या योगानें प्रवाहाच्या कार्यामुळें चुंबककांटा ज्या अनेक दिशांनीं वळतो, त्या सर्व दिशा एकदम सांगतां येतात. ज्या तारेंतून प्रवाह जात आहे, त्या तारेंत कांट्याकडे तोंड करून प्रवाह पायांतून शिरून डोक्यांतून बाहेर पडत आहे, अशा रीतीनें आपण तारेंत पडलों आहों, असें कल्पिलें, तर कांट्याचा उत्तरध्रुव वरील चारी स्थितींत पाहणाराच्या डावीकडे नेहमीं वळतो, असें दिसून येईल. असें प्रवाहाचें चेतनारूप कल्पिल्यानें निरनिराळ्या गोष्टींचा एका साधारण तत्वांत समावेश करितां येतोः—**चुंबकावर प्रवाहाचें जें निर्देशक ह्मणजे दिशा बदलण्याचें कार्य घडतें, त्यांत त्याचा उत्तरध्रुव नेहमीं प्रवाहाच्या डावीकडे वळतो.**

९७. चुंबक आणि पृथ्वी यांचें प्रवाहांवर कार्यः—ज्याप्रमाणें विद्युत्प्रवाहाचें चुंबकावर कार्य घडतें, त्याचप्रमाणें चुंबकाचें कार्य प्रवाहावरही घडतें. हें सिद्ध करण्याकरितां एक तांब्याची तार वांकवून तिचें वर्तुळाकार कंकण करावें, व तिचीं टोंकें आणखी वांकवून त्या टोंकांस पोलादी टोंकें पान्याच्या पेल्यांत बुडण्याजोगीं बसवावीं (आ० ११९ पहा). उभ्या

आ० ११९.



दोन खांबांवरील आडव्या दांड्यांच्या शेवटीं पान्यानें भरलेले दोन पेले असतात, व या पेल्यांतील पान्यांत पोलादी टोंकांनीं तांब्याच्या तारेचें कंकण फिरतें

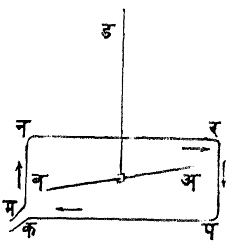
राहतें. उभ्या दोन दांड्यांस **बनसेनच्या** चक्राचे ध्रुव जोडतां येतात. या यंत्रास **अम्पियरची बैठक** ह्मणतात. यंत्राच्या या रचनेनें ज्या मंडलांतून एकसारखा प्रवाह जात आहे, असें फिरतें मंडल तयार होतें. या मंडलांत प्रवाह वाहत असतां जेव्हां तें स्थिर असतें, तेव्हां मंडलाच्या खालीं त्याच्या पातळींतच जर एखादा शक्तिमान् चुंबक ठेविला, तर मंडल आपलें स्थान सोडील, आणि **चुंबककांबीशीं आडवें ह्मणजे तिर्शी काटकोनाकार स्थिर होईल.** हें मंडलाचें वळणें चुंबककांट्याच्या वळण्याच्या उलट असतें. प्रवाहाची दिशा बदलली तर कंकण पुनः फिरून त्याच्या बाजू पूर्वीच्या उलट होतात, व तें पुनः आडवें स्थिर होतें. कंकण कांबीवर स्थिर झाल्यावर कांबच वाटोळी फिरविली, तर कंकणही फिरतें. परंतु १८०° फिरल्यावर कांबीशीं आडवें स्थिर होतें. यास्तव फिरत्या चुंबकावर जशीं स्थिर प्रवाहाचीं कार्यें झालीं, त्याच प्रकारचीं हीं फिरत्या प्रवाहावर चुंबकाचीं कार्यें होतात. तार वर्तुळाकार न वळवितां काटकोन चौकोनाकार किंवा राम्बसाच्या आकाराची वांकविली, तरी अशींच कार्यें होतात.

चुंबककांट्यावर भूगोलाचें जसें चुंबकासारखें कार्य घडतें, त्याचप्रमाणें फिरत्या प्रवाहमंडलावरही घडतें. ह्मणजे पृथ्वीच्या योगानें चलप्रवाहमंडल चुंबक याम्योत्तराशीं काटकोनाकार स्थिर होतें. हें कार्य वरच्याच यंत्रानें दाखवितां येतें. याकरितां मंडलांत प्रवाह सोडण्यापूर्वी कंकणाकार तारेस चुंबक याम्योत्तरांत स्थिर करावें, आणि नंतर मालेचे ध्रुव दोहों खांबांस जोडावे. ह्मणजे तत्काळ तें मंडल पूर्वीच्या स्थानाशीं आडवें स्थिर होतें, असें दिसेल; आणि दुसरी अशीही गोष्ट नजरेस येईल कीं, मंडलाच्या खालच्या भागांत प्रवाहाची दिशा पूर्वेकडून पश्चिमेकडे असेल. प्रवाह तोडून कंकणास चुंबक याम्योत्तरांत पुनः स्थिर करून, उलट दिशेनें प्रवाह सोडिला तर प्रवाहमंडल पूर्वीच्या उलट दिशांनीं स्थिर होईल. सारांश, चुंबकानें ज्या दिशा वर्तुळास प्राप्त होतात, त्याच दिशा पृथ्वीनें ह्मणजे भूचुंबकानेंही प्राप्त झाल्या. कंकणाकृति मंडलावर भूचुंबकाचें तत्काळ कार्य होण्यास कंकणाचा व्यास दीड फुटापासून २ फुटांपर्यंत असावा लागतो. परंतु प्रवाह फार जोराचा असला, तर कमी व्यास पुरतो.

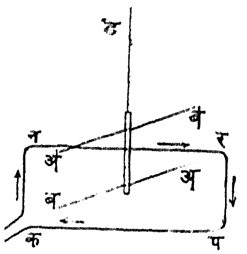
९८. विद्युन्मापक किंवा वर्धकः—ज्या यंत्रानें प्रवाहाचें अस्तित्व, त्याची दिशा, व जोर मापितां येतो, तें यंत्र फार नाजूक असतें, व त्यास **विद्युन्मापक** किंवा **वर्धक** ह्मणतात. **ईर्स्टेड** याच्या शोधानंतर थोड्याच काळानें **जर्मनी** देशांतील **श्वेगर** यानें हें यंत्र शोधून काढिलें.

याचें मुख्य बीज समजण्यासाठीं असें समजूं कीं, **अ, ब** हा एक चुंबककांटा रेशमी धाग्यानें **ड** ठिकाणीं टांगिला आहे, आणि चुंबक याम्योत्तराच्या पातळींत कांट्याच्या सभोंवतीं त्याच्या लांबीच्या दिशेंतच तांब्याच्या तारेचें चौकोनाकार एक मंडल **नरपकम** आहे (आ० १२० पहा). या

आ० १२०.



आ० १२१.



तारेंतून प्रवाह जाईल तेव्हां मागील कलमांत (क०९५) सांगितलेल्या नियमावरून तिराचीं टोंकें ज्या दिशेंत आहेत, त्या दिशेंत पायांतून प्रवाह शिरे, असा मनुष्य कांट्याकडे तोंड करून चारी बाजूंपैकीं कोणत्याही बाजूंत पडला, तरी त्याची डावी बाजू एकाच दिशेस असेल, आणि यामुळें प्रत्येक भागांत प्रवाहाचें जें कार्य होईल, त्यानें उत्तरध्रुव एकाच दिशेस वळेल. ह्मणजे मंडलाच्या चारी बाजूंच्या कार्यांनें उत्तरध्रुव एकाच दिशेस वळेल, आणि या चोहोंपैकीं फक्त एकाच बाजूनें प्रवाह सोडला असतां जेवढें कांट्यावर कार्य झालें असतें, त्याच्या चौपट कार्य घडेल. कांट्याचे उत्तर व दक्षिणध्रुव ज्या दिशेंत आहेत, त्या दिशेंतच आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें तार गुंडाळल्यानें प्रवाहाचें कार्य वाढलें आहे. आतां असा एकच फेरा न करितां जर रेशमानें मढवून विद्युत्स्थापित केलेल्या तारेचे अनेक फेरे देऊन फेऱ्यांची संख्या वाढविली, तर प्रवाहाचें कार्य याहून जास्त वाढेल, व कांटा जास्त वळेल; आणि फार निःशक्त अशा प्रवाहानेंही कांट्याचें विवक्षित स्थलांतर होईल.

भूचुंबकाच्या निर्देशककार्यांचा कल नेहमीं चुंबककांट्यास चुंबकयाम्यो-

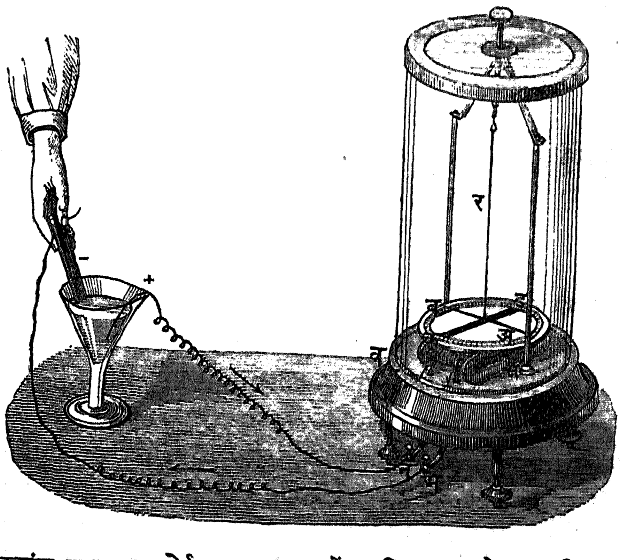
त्तरांत ठेवण्याचा असतो; आणि यामुळें प्रवाहाच्या कार्यास भूचुंबकाचा प्रतिबंध होतो. परंतु आ० १२१ मध्यें दाखविल्यासारख्या **अ, ब** आणि **अं, बं** अशा २ चुंबककांट्यांच्या स्थिर सांगडीचा उपयोग केल्यानें प्रवाहाचें कार्य वाढतें. या सांगडींत दोन कांटे त्यांचे ध्रुव परस्पर उलट एकावर एक येत असे एका तारेंत बसविलेले असतात. यामुळें प्रत्येक कांट्याच्या ध्रुवांवर जवळच्या दुसऱ्या कांट्यांच्या ध्रुवांचें आकर्षककार्य घडतें. ह्मणून अशा स्थितींत चुंबककांट्यावर पृथ्वीचें निर्देशककार्य फार निर्बल घडतें; आणि शिवाय प्रवाहाचीं कार्यें दोहों कांट्यांवर एकाच दिशेस होतात. वस्तुतः असें घडतें कीं, तिराच्या टोंकांनीं दाखविल्याप्रमाणें प्रवाहाची दिशा असतां खालच्या **अ, ब** कांट्याच्या उत्तरध्रुवास पश्चिमेकडे वळविण्याचा मंडलाचा कल असतो. **अं, बं** या वरच्या कांट्यावर **न, र** आणि **क, प** या दोन परस्पर विरुद्ध अशा प्रवाहांचें कार्य घडतें. परंतु यांपैकीं **न, र** हा प्रवाह जास्त जवळ असल्यामुळें त्याचें कार्य बलवत्तर होतें. आतां हाच **न, र** प्रवाह कांट्याच्या खालून जात असल्यानें त्याचा कल **अं** या ध्रुवास पूर्वेकडे, आणि ह्मणून **बं** ध्रुवास पश्चिमेकडे—ह्मणजे दुसऱ्या कांट्याचा **अ** ध्रुव ज्या दिशेस वळतो, त्याच दिशेस वळविण्याचा कल असतो.

या तत्वांवरून वर्धकाचें कार्य कांट्यावर कसें घडतें, हें समजण्यास फारसें कठीण जाणार नाहीं. आकृति १२२ मध्यें एक विद्युन्मापक दाखविलें आहे. यांत एक जाड पितळेचा पत्रा सपाटींत ह्मणजे पानसळींत आणतां येणाऱ्या ३ स्क्रूवर बसविलेला आहे. यावर तांब्याचा पत्रा दोहों बाजूंस गोल वळवून केलेली पोकळ, उघडी व चपटी चौकट बसविलेली आहे. या चौकटीवर रेशमानें मढविलेल्या तारेचे अनेक फेरे गुंडाळलेले आहेत, व या तारेचीं टोंकें **न, म** या स्क्रूंस जोडलेलीं आहेत. तांब्याच्या चौकटीवर अंश पाडलेल्या वर्तुळाचा एक जाड कागद बसविलेला आहे. या कागदास ज्या दिशेंत तार गुंडाळली आहे, त्या दिशेंतच कांटा आंत जाण्याजोगी व तारेच्या फेऱ्यांशीं समांतर अशी फट आहे. फार बारीक व नाजूक अशा बिनपिळाच्या **र** रेशमी धाग्यानें स्थिर कांट्याची सांगड टांगिलेली आहे. **अ, ब** आणि **अं, बं** हे दोन चुंबककांटे (आ० १२१ पहा) त्यांचे ध्रुव परस्पर उलट राहतील,

असे एका बारीक तारेंत पक्के बसवून ही सांगड केलेली आहे. या कांट्यांपैकीं एक कांटा तांब्याच्या चौकटींत तारेच्या मंडलांत असतो, व दुसरा कागदावर असतो. यंत्राचा उपयोग करितांना अडचण पडूं नये, म्हणून कांटे व कागदाची फट चुंबकयाम्योत्तरांतच ठेविलेली असते. कांट्यांचे विजातीय ध्रुव एकमेकांवर असल्यामुळें त्यांचें परस्परांवर आकर्षण घडतें, आणि यामुळें त्यांवर पृथ्वीचें निर्देशककार्य फार कमी होतें.

अशा मापकानें किंवा वर्धकानें रसायनकार्यानें उदाहरणार्थ धातूवर आसिडाच्या कार्यानें जी विद्युत् उत्पन्न होते, ती दाखविण्याकरितां **न, म** या दोन स्क्रूंस दोन प्लाटिनम धातूच्या तारा जोडाव्या. त्यांपैकीं एकीस जलमिश्रित सल्फ्युरिक आसिडांत बुडवावें, आणि दुसरी तार जस्ताच्या तुकड्यास जोडून तो तुकडा आसिडाच्या द्रवांत बुडवावा (आ० १२२ पहा). म्हणजे तत्काळ

आ० १२२.



चुंबककांटा स्थानभ्रष्ट होईल, व प्रवाहाचें अस्तित्व समजेल आणि प्रत्येक

कांट्याचा उत्तरध्रुव ज्या दिशेस जाईल, त्यावरून प्रवाहाची दिशा तिराच्या टोंकांनीं दाखविल्यासारखी आहे, असें नजरेस येईल. यावरून साध्या विद्युच्चक्रांत विद्युल्लतेच्या उत्पत्तीविषयीं जें मागें सांगितलें, त्यास अनुसरून असें अनुमान आपणास काढितां येतें कीं, आसिड धनविद्युतेनें जागृत होतें, व जस्त ऋणविद्युतेनें जागृत होतें.

ज्या कारणाकरितां विद्युन्मापकाचा उपयोग करणें असेल, त्याप्रमाणें तार जास्त कमी लांबीची व व्यासाची घ्यावी लागते. रसायनकार्यापासून उत्पन्न झालेले प्रवाह मापण्यास ज्या यंत्राचा उपयोग करणें असेल, त्यास $\frac{१}{६}$ सहस्रांश मात्रा व्यासाच्या तारेचे ८०० फेरे असलेलें यंत्र लागतें. उष्णताजन्य विद्युत्प्रवाह फार कमी जोराचा असतो, ह्मणून जास्त जाड व आंखूड तार बस होते. उदाहरणार्थ $\frac{२}{३}$ सहस्रांश मात्रा व्यासाच्या तारेच्या ३० फेऱ्यांचें विद्युन्मापक उष्णताजन्य प्रवाह मापण्यास बस होतें. फार सूक्ष्म व नाजूक अशा शारीरिक प्रयोगांकरितां बारीक तारेच्या ३०,००० फेऱ्यांचें विद्युन्मापक लागतें.

९९. स्पर्शरेषा विद्युन्मापकः—प्रवाहांचा जोर मापण्यास या प्रकारचें विद्युन्मापक फार योग्य असतें. जाड तारेचे थोडे फेरे देऊन, किंवा ८ पासून १० इंच व्यासाचें तांब्याच्या एका अरुंद पट्टीचें कंकण करून हें विद्युन्मापक केलेलें असतें. या कंकणाच्या मध्यावर सुमारें एक इंच लांबीचा किंवा त्याहून लहान चुंबककांटा टांगलेला असतो, किंवा टोंकावर फिरता बसविलेला असतो, व याच्याखालीं एक अंश पाडलेलें वर्तुळ असतें, त्यावरून हा किती वळला, हें मापतां येतें. लहान कांट्यानें बरोबर अंश मोजण्यास अडचण पडते, ह्मणून कांट्यास एक लांब हलका दर्शक लाविलेला असतो, व तो एका मोठ्या वर्तुळावर फिरतो, व त्यानें अंश पट्कन समजतात.

आतां हें जाडें कंकण जर चुंबकयाम्योत्तरांत ठेविलें, आणि निरनिराळीं चक्रें व निरनिराळ्या माला यांचे ध्रुव यंत्राच्या स्क्रूंस जोडिले, तर त्यांतील चुंबककांटा निरनिराळ्या मानानें वळतो, असें दिसून येईल. निरनिराळ्या प्रवाहांचा जोर कांटा ज्या कोनांतून वळतो, त्या कोनाच्या प्रमाणांत नसून त्या कोनाच्या त्रिकोणमितीनें काढलेल्या स्पर्शरेषेच्या प्रमाणांत असतो. व या धर्मावरूनच या यंत्रास स्पर्शरेषा विद्युन्मापक हें नांव दिलें आहे.

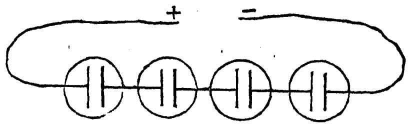
१००. ओम याचा सिद्धांतः—विद्युन्मंडल पुरें केलें ह्मणजे त्यामध्यें एक विशेष प्रकारची शक्ति खेळत असते, त्यामुळें मंडलांत विशेष प्रकारचे परिणाम घडत असतात, आणि या शक्तीसच **विद्युच्चालकशक्ति** हें नांव दिलें आहे (क० ७६). आतां प्रत्येक मंडल अनेक द्रव्यांचें झालेलें असतें:—(१) धातूंचे पत्रे, (२) धातूंवर कार्य करणारा द्रव, (३) प्रवाह नेणाऱ्या तारा आणि (४) प्रवाहाचा जोर मापण्यास किंवा त्याचे परिणाम पाहण्यास मंडलांत घेतलेलें यंत्र. कोणताच पदार्थ पूर्णपणें वाहक नसतो (क० २२). विद्युत्प्रवाहाच्या वहनास सर्व पदार्थांचा प्रतिबंध होतो; आणि हा प्रतिबंध पदार्थांचा आकार व त्याचा धर्म यांवर अवलंबून असतो. ह्मणून कोणत्याही मंडलांतील प्रवाहाचा जोर या दोहोंमधील प्रमाणावर अवलंबून असतो. प्रवाहाचा जोर विद्युच्चालकशक्तीच्या समप्रमाणांत आणि प्रतिबंधाच्या व्युत्क्रमप्रमाणांत असतो. यास्तव विवक्षित विद्युच्चालकशक्ति असून प्रतिबंध कमी असला, तर प्रवाहाचा जोर जास्त असतो; आणि प्रतिबंध नियमित असला, तर विद्युच्चालकशक्ति जास्त असेल त्याप्रमाणें प्रवाह जास्त जोराचा असतो. **ओम** याच्या सिद्धांताचें हेंच बीज आहे.

विद्युत्प्रवाहमंडलांत **अंतस्थ** व **बाह्य** असे दोन प्रतिबंध असतात. धातूच्या पत्र्यांमधील द्रवाचा प्रवाहाच्या वहनास जो प्रतिबंध होतो त्यास **अंतस्थ**प्रतिबंध ह्मणतात; आणि पत्र्यांस जोडलेली तार आणि प्रवाहाचे परिणाम घडण्याकरितां मंडलांत घेतलेलीं यंत्रें या सर्वांचा मिळून जो प्रतिबंध होतो त्यास **बाह्यप्रतिबंध** ह्मणतात.

विद्युच्चक्रांत अगदीं थोडा प्रतिबंध व्हावा, अशी अपेक्षा असेल तर पत्रे मोठे घ्यावे आणि त्यांस द्रवांत फार जवळ जवळ ठेवावें.

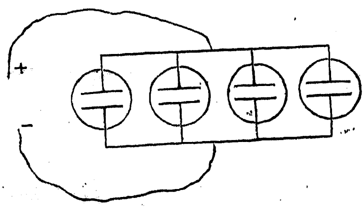
जर आपणाजवळ चार चक्रें असतील तर एका चक्रांतील जस्त दुसऱ्यांतील तांब्यास, दुसऱ्यांतील जस्त तिसऱ्यांतील तांब्यास, याप्रमाणें शेवटच्या चक्रापर्यंत जोडून शेवटीं पहिल्यांतील तांबें चवथ्यांतील, किंवा जास्त चक्रें असल्यास शेवटल्या चक्रांतील जस्तास जोडून मंडल पुरें केलें, ह्मणजे अशा मालेस **संयुक्तमाला** ह्मणतात. ही जोडाजोड आकृति १२३ मध्यें दाखविली

आ० १२३.



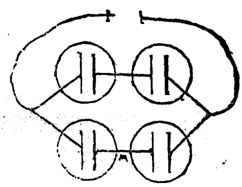
आहे; व मागें आ० ९१ व ९४ यांमध्येंही दाखविली आहे. अशा जोडाजोडीनें केलेल्या संयुक्तमालेंत विद्युच्चालकशक्ति चार चक्रें असल्यास चौपट वाढते व प्रतिबंधही चौपट वाढतो. दुसरी जोडाजोड अशी करितां येते कीं, सर्व चक्रांतील जस्ताचे पत्रे एकत्र जोडून व तांब्याचे पत्रे एकत्र जोडून या दोहों जोडांस जोडून मंडल पुरें केलें ह्मणजे ज्या रचनेची माला होते त्या मालेस **एकाकीमाला** ह्मणतात. चौपट आकाराच्या पत्र्यांच्या एका चक्राइतकाच अशा मालेपासून परिणाम घडतो. ही रचना आ० १२४ मध्यें दाखविली आहे. किंवा चक्रें सम असल्यास

आ० १२४.



त्यांच्या दोन किंवा तीन समांतर पंक्ति करून तिन्हीं पंक्तींतील जस्ताचे पत्रे एकत्र व तांब्याचे पत्रे एकत्र जोडून ही एकाकी रचना करितात. ही रचना आकृति १२५ मध्यें दाखविली आहे. याचा परिणाम असा होतो कीं, चार

आ० १२५.



चक्रें असल्यास चौपट आकाराचें आणि ह्मणून $\frac{1}{4}$ अंतस्थप्रतिबंधाचें असें एकच चक्र होतें. परंतु येणेंकरून विद्युच्चालकशक्ति मुळींच वाढत नाहीं. कारण ही शक्ति पत्रे व द्रव यांच्या धर्मावर मात्र अवलंबून असते, आणि धातूच्या पत्र्यांच्या आकारावर नसते. ४ चक्रें असल्यास दोन दोन चक्रांस संयुक्तमालेच्या रीतीप्रमाणें जोडून त्यांच्या दोन पंक्ति एकाकीमालेप्रमाणें जोडल्यानें दुप्पट आकाराचें एक चक्र होतें.

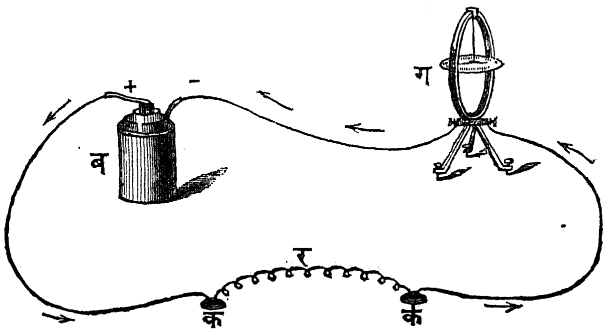
व याची विद्युच्चालकशक्तीही दुप्पट असते. जर आपणाजवळ १२ चक्रें असतील, तर त्यांस ६ भिन्नभिन्न रीतींनीं जोडतां येतें.

संयुक्त जोडाजोड व एकाकी जोडाजोड या दोहोंमध्यें भेद असा आहे कीं, संयुक्त जोडाजोडींत एका चक्रांतील विद्युच्चालकशक्ति दुसऱ्या चक्रांतील शक्तींत मिळविली जाते, आणि दुसरींतून तिसरींत याप्रमाणें जितकीं चक्रें असतील, तितक्या पटीनें विद्युच्चालकशक्ति वाढते, आणि तितक्या निरनिराळ्या ठिकाणीं रसायनकार्य झाल्यामुळें प्रतिबंधही तितक्या पटीनें वाढतो. आणि एकाकी जोडाजोडींत सर्व पत्र्यांतील चक्रांच्या आकाराएवढे दोनच पत्रे एकाच ठिकाणीं द्रवांत घातल्याप्रमाणें कार्य होतें; ह्मणून विद्युच्चालकशक्ति वाढत नाहीं, व प्रतिबंधही वाढत नाहीं. परंतु मोठ्या पृष्ठभागावर रसायनकार्य होतें, ह्मणून विद्युल्लतेचें परिमाण वाढतें. ह्मणून ज्या वेळीं विद्युच्चालकशक्तीची किंवा प्रवाहाच्या जोराची—उदाहरणार्थ लांब अंतरावर प्रवाह नेणें असेल तेव्हां—अपेक्षा असेल, तेव्हां संयुक्त जोडाजोड करावी, आणि ज्या वेळीं विद्युल्लतेच्या परिमाणाची अपेक्षा असेल,—उदाहरणार्थ उष्णताजनक व प्रकाशजनक परिणामांकरितां—तेव्हां एकाकी जोडाजोड करावी. आपणाजवळ विवक्षित चक्रें असतील, व एकंदर बाह्यप्रतिबंध माहीत असेल, तर त्यापासून महत्तम परिणाम उत्पन्न करण्यासाठीं कोणत्या रीतीनें जोडाजोड करणें उत्तम होईल, हें **ओम** याच्या सिद्धांतावरून आपणास समजतें. तारायंत्राच्या लांब तारेंतून बातमी पाठवावयाची असते तेव्हां किंवा विजेचे दिवे लावावयाचे असतात, तेव्हां बाह्यप्रतिबंध फार असतो. ह्मणून चक्रांची संयुक्त जोडाजोड करणें फार फायदेकारक असतें. परंतु जेव्हां लहानशा वेटाळ्यांतील लोखंडास चुंबकत्व द्यावयाचें असतें, किंवा विद्युल्लतेनें मालेजवळच धातु चढवावयाचे असतात, तेव्हां विद्युच्चालकशक्तीची अपेक्षा नसून विद्युल्लतेच्या परिमाणाची अपेक्षा असते, ह्मणून चक्रांची एकाकी जोडाजोड करावी. याविषयीं साधारण नियम असा आहे कीं, जेव्हां विद्युन्मालेंतील एकंदर **अंतस्थप्रतिबंध** एकंदर **बाह्यप्रतिबंधा**बरोबर असतो, तेव्हां त्या मालेपासून महत्तम परिणाम प्राप्त होतात.

१०१. विद्युत्प्रतिबंधाचे नियमः—मंडलांतील प्रतिबंध समजणें हें व्यवहारदृष्ट्या व शास्त्रदृष्ट्या मोठें महत्वाचें आहे. विद्युत्प्रतिबंधाचे नियम

सिद्ध करण्याकरितां स्पर्शरेषा विद्युन्मापकाचा (क० ९९) आपण उपयोग करूं. असें समजा कीं, **व** या एका चिरस्थायी चक्राचे (क० ८०)—ह्मणजे ज्यांत रसायनकार्यें सारखीं चालतात त्याचे—ध्रुव आ० १२६ मध्यें

आ० १२६.



दाखविल्याप्रमाणें स्पर्शरेषा विद्युन्मापकाच्या दोहों स्क्रूंस जोडलेले आहेत. या मंडलांत **क, क** हे दोन पान्याचे पेले असून यांच्या योगानें मंडलांमध्यें निरनिराळ्या द्रव्यांच्या व आकारांच्या तारा घेतां येतात. प्रथमतः **र** ही नागमोडी आकाराची एक थोड्या लांबीची तार मंडलाच्या इतर तांब्याच्या तारेसारखीच आहे असें समजूं. या वेळीं विद्युन्मापकांतील कांटा कांहीं विवक्षित कोनांतून स्थलांतर पावेल, व त्या कोनाच्या स्पर्शरेषेवरून प्रवाहाचा जोर मापतां येईल.

आतां असें समजूं कीं, याच तारेचा अधिक लांब तुकडा घेऊन त्याचीं टोंकें दोहों पान्याच्या पेल्यांत बुडविलीं, तर मापकाचा कांटा पूर्वीपेक्षां लहान कोनांतून स्थलांतर पावेल, व यावरून प्रवाहाचा जोर कमी झाला, असें दिसेल. याहून जास्त लांबीची तार मंडलांत घेतली तर प्रवाहाचा जोर आणखी कमी होईल. ह्मणून इतर गोष्टी सारख्याच असल्या, तर विवक्षित वाहकाच्या जशा जास्त लांबींतून प्रवाहास जाणें असेल, त्या लांबीप्रमाणें त्याचा जोर कमी होतो. ह्मणजे **लांबीप्रमाणें वाहकाचा प्रतिबंध वाढतो.**

आतां मुळच्या **र** तारेच्या जागीं त्याच द्रव्याची व त्याच लांबीची परंतु

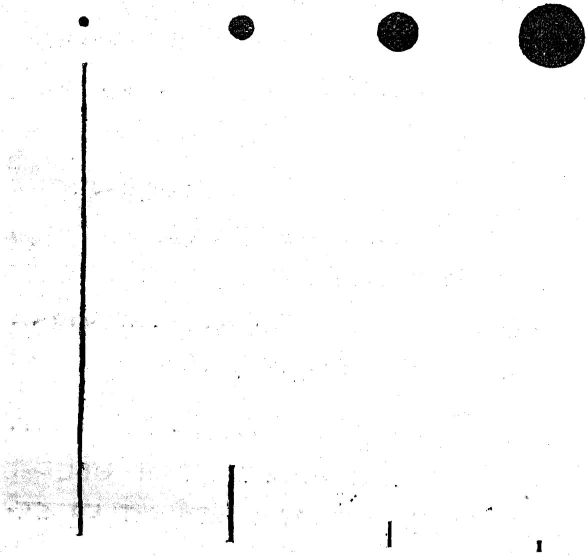
कमी व्यासाची ह्मणजे कमी जाडीची तार घेतली, तर प्रवाहाचा जोर पूर्वीपेक्षां कमी असतो. आणि याहून बारीक तार घेतली तर जोर आणखी कमी होतो. आतां जर त्याच द्रव्याची व तेवढ्याच लांबीची परंतु जास्त व्यासाची ह्मणजे जाडीची तार घेतली, तर प्रवाहाचा जोर जास्त असतो. ह्मणून **वाहकाची जाडी जशी कमी असेल, त्याप्रमाणें त्याचा प्रतिबंध जास्त असतो.**

आतां तेवढ्याच व्यासाची व लांबीची परंतु दुसऱ्या धातूची—उदाहरणार्थ लोखंडाची तार मंडलांत घेतली तर प्रवाहाचा जोर कमी होतो, असें आढळतें. लोखंडाची तार न घेतां प्लाटिनम किंवा शिसें या धातूंच्या तारा घेतल्या, तर प्रवाहाचा जोर याहूनही कमी होतो. ह्मणून **वाहकाचा प्रतिबंध त्याच्या द्रव्याच्या धर्मावर अवलंबून असतो.**

याप्रमाणें निरनिराळीं द्रव्यें घेऊन प्रयोग केल्यानें पुढील साधारण नियम निघतो:—**कोणत्याही पदार्थाचा प्रतिबंध त्याच्या लांबीच्या समप्रमाणांत आणि वाहकशक्तीच्या व जाडीच्या व्युत्क्रम-प्रमाणांत असतो.**

साधारण उपयोगाकरितां जे वाहक पदार्थ आपण घेतों, त्या सर्वांत तांबें हाच उत्तम वाहक आहे. तांबें शुद्ध असलें ह्मणजे याची वाहकता फार असते. शुद्ध तांब्यापेक्षां फक्त रुपें या एकाच धातूची वाहकशक्ति जास्त आहे. आकृति १२७ मध्यें मुख्य चार धातूंच्या किती जाडीच्या व लांबीच्या तारा घेतल्यानें त्यांची वाहकशक्ति सारखी असते, हें दाखविलें आहे.

सारख्या लांबीच्या तारांपासून सारखा प्रतिबंध होण्यास निरनिराळ्या धातूंच्या तारांची जाडी.



सारख्या जाडीच्या तारांपासून सारखा प्रतिबंध होण्यास निरनिराळ्या धातूंच्या तारांची लांबी.

धातु जसा शुद्ध किंवा अशुद्ध असेल, त्याप्रमाणें त्याची वाहकशक्ति भिन्न-भिन्न असते. तांब्यामध्यें ज्या कित्येक दुसऱ्या पदार्थांचे फार सूक्ष्म अंश असतात, व ज्यांस रसायनरीत्या तांब्यांतून काढतां येत नाहीं, त्यांमुळें त्याची वाहकशक्ति पुष्कळ कमी होते, ह्मणजे त्याचा प्रतिबंध वाढतो. तारायंत्राकरितां जेथें लांब तारांचा उपयोग करावा लागतो, आणि विशेषेंकरून जेथें समुद्रांतून हजारों मैल लांब तारायंत्राच्या तारा न्याव्या लागतात (क० ११४।११६), तेव्हां तारेची वाहकशक्ति फार महत्वाची असते. कारण तारेंत दुसरी भेसळ असल्यामुळें तारेची वाहकशक्ति कमी झाली, तर आणखी जास्त मैल लांब

तारेंतून प्रवाह नेल्यासारखा परिणाम होतो. ज्या धातूंची उष्णतावाहकशक्ति फार असते, तेच विद्युल्लतेचे चांगले वाहक असतात.

धातूंपेक्षां विद्युद्वहनास द्रवांचा प्रतिबंध फार होतो. सर्व द्रवांत जलमिश्रित सल्फ्युरिक आसिडाची वाहकशक्ति अतिशय आहे, तरी त्याचा प्रतिबंध तांब्याच्या सुमारें ९ लक्षपट आहे.

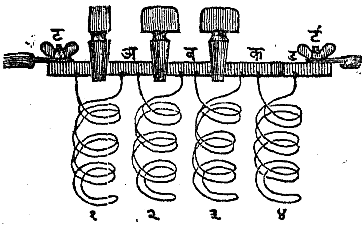
पदार्थांचा प्रतिबंध उष्णमानाप्रमाणें बदलतो. धातूंचा प्रतिबंध उष्णमानाप्रमाणें वाढतो. साधारण उष्णमानावर लोखंडाचा जेवढा प्रतिबंध होतो, त्याच्या ७ पट शुभ्रोष्ण केलेल्या लोखंडाचा होतो. परंतु उष्णमान वाढवावें त्याप्रमाणें द्रवांचा प्रतिबंध कमी होतो. ह्मणूनच विद्युन्माला कांहीं वेळ चालू राहिल्यावर तिचा प्रवाह जास्त जोराचा होतो. कारण प्रवाहमंडल पुरें केलें ह्मणजे द्रवासुद्धां सर्व मंडलांत उष्णता उत्पन्न होते.

१०२. विद्युन्मापें:—अर्वाचीनकाळीं विद्युच्छास्त्राचा जो दिवसेंदिवस अधिकाधिक शोध लागून उत्कर्ष होत चालला आहे, त्याचें कदाचित् एक फार महत्वाचें कारण असें आहे कीं, केवळ शास्त्रीयसिद्धांत सिद्ध करण्याकरितांच नव्हे, परंतु साधारण व्यावहारिक गोष्टींत विद्युल्लतेचा उपयोग होतो, त्या ठिकाणींही दूध, तूप किंवा सोनें, रुपें ज्याप्रमाणें बरोबर मापितां व वजन करितां येतें, त्याचप्रमाणें विद्युल्लतेचें परिमाणही मापतां येतें. रोजच्या व्यवहारांत वजनें व मापें करण्यास ज्याप्रमाणें कांहीं ठरींव प्रमाणें घेतात, त्याचप्रमाणें विद्युल्लता मापण्यासही कांहीं ठरींव प्रमाणें पायाभूत घेतलेलीं आहेत. प्रस्तुतच्यासारख्या मूलभूतसिद्धांताच्या पुस्तकांत विद्युन्मापें कोणत्या शास्त्रीयपद्धतीवर ठरविलीं आहेत, याचें अगदीं थोडक्यांत परंतु समजण्याजोगें वर्णन करणें सुद्धां शक्य नाहीं. ह्मणून वजन व लांबी यांचीं प्रमाणें कशीं व कोणत्या धोरणानें ठरविलेलीं आहेत, याचा कांहीं विचार न करितां पौंड, मण, शेर, पायली या वजनांच्या व मापांच्या प्रमाणांचा आणि फूट व मात्रा या लांबीच्या प्रमाणाचा जसा आपण रोजच्या व्यवहारांत उपयोग करितों, त्याचप्रमाणें जीं विद्युन्मापें ठरविलेलीं आहेत, तींच घेऊन त्यांचा उपयोग करावा, हें योग्य आहे.

विद्युत् मापण्याचीं ३ मुख्य एकं प्रमाणें आहेत. (१) **ओम** हें प्रतिबंध मापण्याचें एकं प्रमाण आहे; (२) **व्हॉल्ट** हें विद्युच्चालकशक्ति मापण्याचें

प्रतिबंध होतो, त्यास **ओम** ह्मणतात. सोयीकरितां हा प्रतिबंध विवक्षित धातूच्या विवक्षित जाडीच्या व लांबीच्या तारेनें नेहमीं दर्शवितात. अशा लांबीच्या तारेचें एक वेटाळें करून त्यास **प्रतिबंधक वेटाळें** ह्मणतात, व अशीं अनेक वेटाळीं एका पेटींत घालून एक **प्रतिबंधक पेटी** केलेली असते. अशीं अनेक वेटाळीं पेटींत कशीं ठेवितात, हें आकृति १२८ मध्यें दाखविलें आहे. रेशमानें मढविलेली विवक्षित लांबीची तार दुहेरी गुंडाळून प्रत्येक वेटाळें केलेलें असतें, व तें विवक्षित प्रतिबंध दर्शवितें. या तारेचीं दोन्ही टोंकें पितळेच्या जाड तुकड्यांस जोडलेलीं असतात. हे तुकडे एकमेकांस जोडलेले नसतात, परंतु त्यांस पितळेच्या खुंट्यांनीं हवें तेव्हां जोडण्याची योजना असते.

आ० १२८.



जर प्रवाहमंडलाचीं टोंकें पेटीच्या **ट, ट** या स्क्रूस जोडिलीं, आणि पितळेच्या तुकड्यांस जोडण्याकरितां खुंट्या घातल्या, तर प्रतिबंधकपेटीपासून प्रवाहाच्या वहनास कांहीं प्रतिबंध होणार नाहीं. कारण प्रवाह पितळेच्या जाड तुकड्यांतून व खुंट्यांतून परस्पर जाईल. परंतु या खुंट्यांपैकीं एखादी खुंटी काढिली, तर त्या दोहों तुकड्यांमधील वेटाळ्याच्या तारेंतून प्रवाहास जावें लागतें, व तितका प्रतिबंध मंडलांत उत्पन्न होतो.

बाजूच्या आकृतींत चवथी खुंटी काढून एका वेटाळ्यांतून प्रवाह नेलेला दाखविला आहे, व तें वेटाळें ४ ओमचा प्रतिबंध दर्शवितें. प्रतिबंधक वेटाळीं ओमच्या अमुकपट किंवा त्याचा अमका भाग ह्मणजे अमुकपटीनें जास्त व अमुकपटीनें कमी असा प्रतिबंध दर्शविण्याजोगीं केलेलीं असतात; व त्यांची पेटींत अशी सांगड केलेली असते कीं, त्यांची जोडाजोड अनेक रीतीनें करून

हवा तितका प्रतिबंध कमीही करितां येतो, व हवा तितका वाढवितांही येतो. उदाहरणार्थ, जर ०·१, ०·२, ०·२, ०·५, २, २, ५, १०, १०, २० आणि ५० ओम प्रतिबंधाचीं ११ वेटाळीं पेटींत असलीं, तर या पेटीनें ०·१ पासून १०० पर्यंत हवा तो प्रतिबंध मंडलांत घालतां येतो.

नंबर १६ ची तांब्याची तार ह्मणजे ०·०६५ इंच व्यासाची १२५ यार्ड घेतली, तर तिजपासून जो प्रतिबंध होतो, तो १ ओम प्रतिबंधाबरोबर असतो. यावरून एक ओमच्या प्रतिबंधाची बरीच कल्पना मनांत येईल.

नंबर ८ ची तारायंत्राची लोखंडी तार ह्मणजे ०·१७ इंच व्यासाची एक मैल घेतली, तर तिचा प्रतिबंध सुमारें १४ ओम असतो. १० लक्ष ओम प्रतिबंधास **मेघोम** किंवा **महाओम** आणि $\frac{१}{१०,००,०००}$ ओम प्रतिबंधास **मायक्रोओम** किंवा **लघुओम** ह्मणतात.

विद्युच्चालकशक्ति मापण्याचें **व्हॉल्ट** हें एक प्रमाण दर्शविण्यास पखादें विशेष माप घेतलेलें नसतें. डेनियलच्या चक्राची विद्युच्चालकशक्ति १·०८ व्हाल्ट समजतात; आणि **लीक्लांची** याच्या चक्राची १·४६ व्हाल्ट, व **बनसेन** याच्या चक्राची १·८ व्हाल्ट समजतात.

अंपियर—ओम याच्या सिद्धांतावरूनच हें माप ठरविलेलें आहे. कोणत्याही मंडलांत एक ओम प्रतिबंध असतां त्यांत एक व्हाल्ट विद्युच्चालकशक्तीनें जो प्रवाह उत्पन्न होतो त्यास विद्युत्प्रवाहाचा जोर मापण्याचें एक प्रमाण समजतात व त्यास एक **अंपियर** ह्मणतात; दहा ओम प्रतिबंध असला, तर १० व्हाल्ट विद्युच्चालकशक्तीनें एक **अंपियर**च प्रवाह उत्पन्न होईल. विजेचे दिवे लावण्याकरितां ज्या प्रवाहाचा उपयोग करितात त्या प्रवाहाचा जोर १० पासून ७० **अंपियर** असतो; व कधीं कधीं याहूनही जास्त असतो; तारायंत्र चालविण्याकरितां ज्या प्रवाहांचा उपयोग करितात त्यांचा जोर साधारणतः १४ पासून १६ सहस्रांश **अंपियर** असतो. डेनियलचें साधारण चक्र घेतलें आणि त्याचा अंतस्थ प्रतिबंध १·३ ओम असला, तर छोट्या मंडलांत त्या चक्राच्या प्रवाहाचा जोर ०·८ **अंपियर** असतो. छोट्या मंडलाचा अर्थ असा कीं, मंडल पुरें करण्यास जीपासून ह्मणण्यासारखा प्रतिबंध होत नाहीं अशी तार

घेतलेली आहे. बनसेनच्या चक्रांतील अंतस्थप्रतिबंध साधारणत: $\frac{१}{१०}$ ओम असतो, व या चक्राचा प्रवाह १८ अम्पियर असतो.

एक अंपियर जोराच्या प्रवाहानें एका तासांत रुप्याच्या द्रवांतून ४·०२५ ग्राम रुपें आणि तांब्याच्या द्रवांतून १·१७४ ग्राम तांबें दुसऱ्या धातूवर चढेल.

विद्युल्लतेचें परिमाण मापण्याचें जें एक प्रमाण त्यास **कोलंब** ह्मणतात. एक **ओम** प्रतिबंध असतां एक व्होल्ट विद्युच्चालकशक्तीनें एका सेकंदांत मंडलांत जी विद्युत् वाहते तिला एक **कोलंब** विद्युत् ह्मणतात. ह्मणजे एक अंपियर प्रवाहानें एका सेकंदांत एक **कोलंब** विद्युत् वाहते.

एक व्होल्ट विद्युच्चालकशक्ति कमी होण्यास जी विद्युत् खर्च होते तिला विद्युत्शक्तीनें झालेलें काम मापण्यास प्रमाणभूत घेतात व त्यास **व्होल्टकोलंब** ह्मणतात. हें प्रमाण यांत्रिककाम मापण्याच्या फुटपौंड प्रमाणाच्या अगदीं बरोबर आहे. यास **जोल** हेंही नांव देतात.

एका सेकंदांत जें विद्युत्शक्तीनें काम होतें, तें काम विद्युत्शक्ति मापण्याचें एक प्रमाण समजतात; ह्मणजे एक व्होल्ट विद्युच्चालकशक्तीनें एका सेकंदांत एक कोलंब विद्युत् मंडलांतून गेल्यानें जो परिणाम होतो तो होय; किंवा एक व्होल्ट विद्युच्चालकशक्ति असतां एक अंपियरचा प्रवाह उत्पन्न झाला, ह्मणजे इतकी विद्युच्छक्ति उत्पन्न होते. या विद्युच्छक्तीच्या एक प्रमाणास **व्होल्ट-अंपियर** किंवा **वाट** ह्मणतात. एक घोड्याची शक्ति ७४६ **वाट**बरोबर असते; किंवा एक वाट $\frac{१}{७४६}$ घोड्याच्या शक्तीबरोबर, किंवा ०·७४ फुटपौंडांबरोबर असते.

प्रकरण १० वें.

विद्युद्गतिशास्त्र.

१०३. प्रवाहांचीं परस्परांवर कार्यें:—चलप्रवाहावर पृथ्वीचें व चुंबकाचें कार्य कसें होतें, एवढेंच पाहून **अम्पियर** स्वस्थ बसला नाहीं.

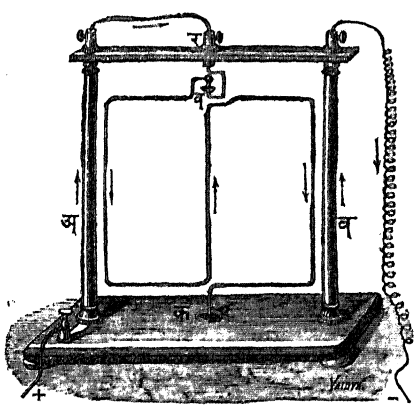
नवीनच शाखा उत्पन्न झाली, व तिला त्यानें **विद्युद्गतिशास्त्र** असें नांव दिलें. प्रवाह समांतर असतील, किंवा एकमेकांस छेदणारे असतील, त्याप्रमाणें त्यांचीं परस्परांवर कार्यें भिन्नभिन्न रीतीनें घडतात.

(१) दोन विद्युत्प्रवाह परस्पर समांतर असून विरुद्ध दिशांनीं वाहणारे असले, तर ते परस्परांस दूर लोटितात, ह्मणजे परस्परांपासून प्रतिसारित होतात.

(२) दोन प्रवाह परस्पर समांतर असून एकाच दिशेकडे वाहणारे असले, तर ते एकमेकांस आकर्षण करितात.

या नियमांची सत्यता पाहण्याकरितां आकृति **१२९** मध्यें दाखविल्यासारख्या यंत्राचा उपयोग करावा. एका लांकडी बैठकीवर **अ, ब** हे दोन पितळी खांब उभे असून त्यांस वरच्या बाजूनें एका लांकडी आडव्या पट्टीनें जोडलेलें **आहे. या पट्टीच्या मध्यभागीं र हा एक पितळेचा स्क्रू बसविलेला असून** त्याखालीं त्या स्क्रूस जोडलेल्या वांकड्या तारेच्या टोंकावर **व** हा पान्याचा पेला आहे. या पेल्यांतील पान्यांत टोंक असलेली एक लोखंडी गोटी तरते, व तिला आकृतींत दाखविल्यासारख्या काटकोन चौकोनाकार वांकविलेल्या तारेचें टोंक जोडतां येतें. या तारेचें दुसरें टोंक बैठकीवरील **क** या पान्याच्या पेल्यांत आणलेलें आहे. यामुळें या दोन पेल्यांतील पान्यावर वांकविलेल्या तारेचें मंडल फिरतें राहतें.

आ० १२९.



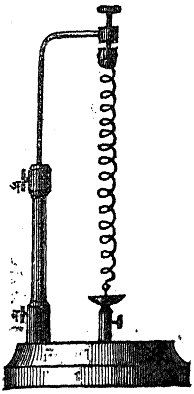
अ, ब हे खांब ज्या पातळींत आहेत, त्या पातळींत आ० १२९ मध्यें दाखविल्यासारखें प्रवाहमंडल फिरावें, अशी योजना करितात; आणि याकरितां **बनसेन**च्या मालेचा ध्रुव **अ** खांबास जोडून **अ** खांबांतून प्रवाह वर सोडितात. तेथें खांबांत चढून **र** स्क्रूंत जातो, आणि तेथून **ब** पाऱ्याच्या पेल्यांत येऊन त्यांतून फिरत्या तारेच्या सर्व मंडलांत तिराच्या टोंकांनीं दाखविल्या दिशेनें फिरून बैठकीवरील **क** पाऱ्यांत येतो. यास जोडलेल्या तांब्याच्या पट्टींतून **ब** खांबांत चढतो, व त्यांतून त्याच्या माथ्यावरील स्क्रूस मालेचा दुसरा ध्रुव जोडलेला असतो, तेथें जाऊन मंडल पुरें होतें. यांत प्रवाह सोडतांच फिरतें तारमंडल खांबांपासून प्रतिसारित होऊन दूर जातें, आणि कांहीं हेलकावे खाऊन मूळच्या स्थितीशीं काटकोनाकार स्थिर होतें. येणेंकरून खांबांतील वर चढणारे प्रवाह आणि फिरत्या तारमंडलांतील कडेच्या तारांतील उतरणारे प्रवाह परस्परांस पहिल्या नियमाप्रमाणें प्रतिसारित करितात, हें सिद्ध होतें.

याच यंत्रानें दुसरा नियमही सिद्ध करितां येतो. मात्र आकृति १२९ मध्यें दाखविलेल्या फिरत्या तारमंडलाच्या जागीं दुसरें असें तारमंडल ठेविलें पाहिजे कीं, दोन्ही खांबांत व तारमंडलाच्या कडेच्या दोन्ही तारांत प्रवाह वर चढेल. असें फिरतें मंडल खांबांच्या पातळीशीं हातानें आडवें, ह्मणजे काटकोनाकार करून, जर यंत्रांत प्रवाह सोडिला, तर फिरतें तारमंडल आकर्षिलें जाऊन तत्काळ खांबांशीं समांतर असें खांबाच्या पातळींतच येतें.

छेदन करणाऱ्या प्रवाहांचा नियमः—जेव्हां दोन प्रवाह परस्परांशीं समांतर नसून एकमेकांस छेदणारे किंवा एकमेकांशीं कोन करण्याजोगे एकमेकांकडे कलते असतात, व त्यांपैकीं एक स्थिर व एक फिरता असतो, तेव्हां छेदन बिंदूकडे किंवा छेदन बिंदूपासून वाहणारे असल्यास ते परस्पर आकर्षिले जातात; आणि जेव्हां एक छेदन बिंदूकडे आणि दुसरा छेदन बिंदूपासून असे वाहणारे असतात, तेव्हां ते परस्परांपासून प्रतिसारित होतात.

१०४. राजेट याची हेलकावे खाणारी नागमोडः—एकाच दिशेकडे वाहणाऱ्या प्रवाहांमधील आकर्षण या यंत्रानें सुरेख दाखवितां येतें (आ० १३० पहा). एका पेन्सिलीभोवतीं रेशमानें मढविलेली तांब्याची

आ० १३०.

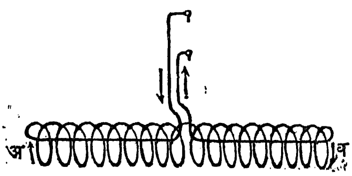


बारीक तार गुंडाळून एक वेटाळें करून त्याचें एक टोंक अ, ब उभ्या बैठकीत वर खालीं सरणाऱ्या काटकोनाकार वांकविलेल्या दांड्याच्या आडव्या टोंकावरील स्क्रूस पक्कें जोडलें आहे; व त्याचें दुसरें टोंक अवाहक पदार्थाच्या बैठकींत बसविलेल्या स्क्रूच्या माथ्यावरील पान्याच्या पेल्यांत पान्यास स्पर्श करण्याजोगें सोडलें आहे. खालच्या टोंकास एक लोखंडी लहानशी गोटी लाविलेली आहे, व तिच्या वजनानें खालचें टोंक पान्यांत बुडतें. विद्युन्मालेचे ध्रुव बैठकीवरील उभ्या दांड्यास व पान्याच्या पेल्याखालील स्क्रूस जोडितांच हें वेटाळें वर खालीं हेलकावे खाऊं लागतें. कारण वेटाळ्यांतील फेऱ्यांत प्रवाह एकाच दिशेकडे वाहतात, ह्मणून ते परस्परांस आकर्षण करितात. यामुळें ते फेरे एकमेकांजवळ गेल्यानें वेटाळें आंखूड होतें, आणि त्याचें खालचें टोंक पेल्यापासून अलग होतें. असें होतांच वेटाळ्यांत प्रवाह जाण्याचें बंद होतें, व फेऱ्यांचीं परस्पर आकर्षणें नाहींशीं होतात, आणि वेटाळ्याच्या दुसऱ्या टोंकास जें वजन आहे, त्यानें वेंटाळें लांब होऊन वेटाळ्याचें टोंक पुनः पान्यांत बुडतें, आणि पुनः प्रवाह जातो, व पुनः फेरे एकमेकांस आकर्षण करून वेटाळें आंखूड होतें. आंखूड होतांच प्रवाह बंद होऊन पुनः तें वजनानें खालीं जातें. याप्रमाणें वेटाळें एकसारखें हेलकावे खात रहातें. या वेटाळ्यांत लोखंडी बारीक तार घातली, तर याहूनही जोरानें कार्य चालतें.

सोलेनाइड किंवा प्रवाहनलिका.

१०५. सोलेनाइड याची ह्मणजे प्रवाहनलिकेची रचनाः—रेशमानें मढविलेली तांब्याची एक तार वेटाळ्यासारखी गुंडाळून व तिचीं दोन्हीं शेवटें वेंटाळ्यामधून आंसाप्रमाणें मध्यभागीं आणून व त्या टोंकांस मध्यभागांतून वर काढून ही नलिका केलेली असते (आ० १३१ पहा). या दोन्ही टोंकांस

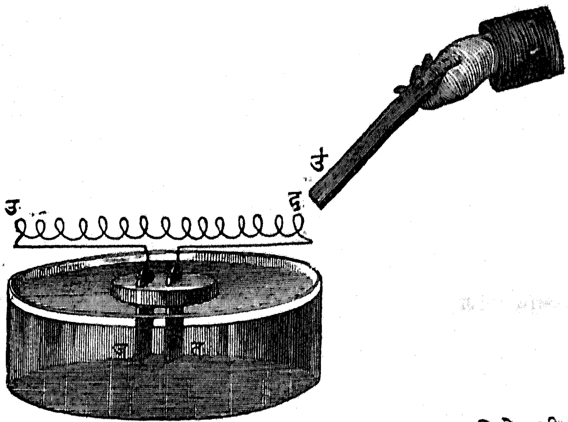
आ० १३१.



लोखंडी गोट्या लावून त्यांस अणकुचीदार टोंकें लाविलेलीं असतात. या टोंकांनीं त्यास अम्पियरच्या बैठकीवरील पाऱ्याच्या पेल्यांत ठेवून फिरतें ठेवितां येतें. हें वेटाळें वर्तुळाकार अशा समांतर प्रवाहाच्या पंक्तींचें झालेलें असतें. हें वेटाळें अम्पियरच्या बैठकीवर बसवून यांत प्रवाह सोडिला, ह्मणजे चुंबककांटा ज्याप्रमाणें दक्षिणोत्तर होतो, त्याप्रमाणेंच हें वेटाळें पृथ्वीच्या कार्यानें दक्षिणोत्तर स्थिर होतें. स्थिर झाल्यावर त्याचें स्थलांतर केलें तरी तें पुनः दक्षिणोत्तर होतें, व त्याचा आंस चुंबकयाम्योत्तराच्या पातळींत येतो. या वेंटाळ्यांत प्रवाह कसा वाहत आहे, हें पाहिलें असतां असें आढळून येईल कीं, वेटाळ्याच्या वर्तुळाच्या खालच्या अर्धांत प्रवाहाची दिशा पूर्वेकडून पश्चिमेकडे असते. ह्मणजे वेटाळ्याची जी बाजू पूर्वेकडे असते, त्या बाजूच्या तारांतून प्रवाह खालीं उतरत असतो, व पश्चिमेकडील बाजूंतील तारांत प्रवाह चढत असतो. या प्रयोगांत प्रवाहनलिकेस चुंबककांट्यासारख्या दिशा मिळतात, आणि चुंबकाप्रमाणेंच नलिकेचें जें टोंक उत्तरेकडे असतें, त्यास उत्तरध्रुव आणि दक्षिणेकडे असतें, त्यास दक्षिणध्रुव ह्मणतात.

१०६. डी ला रीव्ह याचें तरणः—प्रवाहनलिकांचे धर्म **डी ला रीव्ह** याच्या तरणानें फार चांगल्या रीतीनें व सोयीनें सिद्ध करितां येतात. वरच्यासारखेंच तारेचें वेटाळें करून व दोन्ही टोंकें वेटाळ्यामधून किंवा त्याच्या खालून मध्यभागीं आणून तीं टोंकें एका वर्तुळाकार बुचाच्या तुकड्यांतून जस्त व तांबें यांच्या तुकड्यांस डाकानें जोडून हें यंत्र केलेलें असतें (आ० १३२ पहा). बुचाच्या हलकेपणामुळें हें सर्व यंत्र पाण्यांत तरतें, आणि जस्त व तांबें यांचे पत्रे द्रवांत बुडालेले राहतात. एका उथळ मोठ्या तोंडाच्या भांड्यांत आसिडमिश्रित पाणी भरून त्यांत हें यंत्र ठेविलें, ह्मणजे जस्त व तांबें यांच्या पत्र्यांवर द्रवाचें रसायनकार्य होऊन विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो, आणि यंत्रावरील प्रवाहनलिकेंत वाहतो. नलिकेंत प्रवाह जातांच ती दक्षिणोत्तर होते; आणि एखाद्या बुचावर चुंबककांटा बसवून त्यास पाण्यावर तरंगविलें,

आ० १३२.



तर त्यावर जशीं कार्यें होतात, त्याचप्रमाणें या प्रवाहनलिकेवरही होतात.

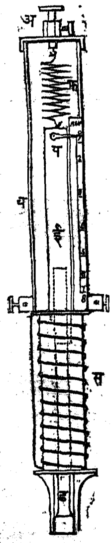
आकृति १३१ किंवा १३२ मधील प्रवाहनलिकेच्या जागीं तार नुसती कंकणासारखी गुंडाळली, आणि चुंबककांबीचा ध्रुव कंकणाजवळ नेला, तर तें कंकण कांबीच्या सभोंवतीं जाईल आणि मध्याकडे सरत जाऊन मध्यावर स्थिर राहील. अम्पियरच्या कल्पनेप्रमाणें कंकणाच्या तारेंत व चुंबककांबींत प्रवाह कसे वाहताहेत, याचा विचार केला, तर मात्र हें कार्य कसें घडतें, हें सांगतां येतें. ज्या ध्रुवावर कंकणांतील प्रवाहाच्या उलट दिशेनें वाहणारे प्रवाह आहेत, असा ध्रुव जर कंकणांत घातला, तर कंकण प्रतिसारित होऊन उलटतें व दुसऱ्या तोंडानें कांबीभोंवतें शिरतें, व पूर्वीप्रमाणें मध्याकडे सरत जातें.

१०७. चुंबक आणि प्रवाहनलिका यांचीं परस्परांवर कार्यें:—भिन्नभिन्न चुंबकांचीं परस्परांवर ज्याप्रमाणें कार्यें घडतात, त्याचप्रमाणें थेट प्रवाहनलिका आणि चुंबक यांमध्यें परस्पर आकर्षक व प्रतिसारक कार्यें घडतात. जींत प्रवाह वाहत आहे, अशा फिरत्या प्रवाहनलिकेच्या टोंकापाशीं चुंबकाचा एक ध्रुव नेला तर प्रवाहनलिका आणि चुंबक यांचे ध्रुव विजातीय किंवा सजातीय असतील, त्याप्रमाणें आकर्षण किंवा प्रतिसारण घडेल. तसेंच फिरत्या चुंबककांब्याच्या टोंकाजवळ ज्या नलिकेंत प्रवाह वाहत आहे,

प्रवाहनलिकेच्या किंवा चुंबकत्व देण्याच्या वेटाळ्यांच्या आंसाच्या रेषेंत त्याजवळ जर एक चुंबककांटा टांगला, आणि प्रवाह सोडिला, तर वेटाळें व चुंबक यांचे ध्रुव विजातीय व सजातीय असतील त्याप्रमाणें कांटा वेटाळ्यांत ओढला जाईल, किंवा त्यापासून दूर सारला जाईल. चुंबककांटा न घेतां जर लोखंडी कांब वेटाळ्याजवळ आंसांत टांगिली, तर ती नेहमीं वेटाळ्यांतच ओढली जाईल, आणि प्रवाह जसा जोराचा असेल, त्याप्रमाणें जास्त जोरानें कांबीवर ओढ पडेल.

प्रवाहांचे जोर मापण्याकरितां याच तत्वावर केलेल्या पाणीदार कमानीच्या विद्युन्मापकाचें छिन्न आकृति १३३ मध्यें दाखविलें आहे; आणि हें फार साधें असल्यामुळें प्रवाह मापण्यासाठीं प्रतिबंधक वेटाळ्यासारखीं जीं लहान मोठीं यंत्रें केलेलीं असतात, त्यांचीही यावरून कल्पना येईल. **स** हें एक चुंबकत्व देण्याचें वेटाळें आहे, व त्याचीं दोन टोंकें दोन स्क्रूंस जोडलीं आहेत व त्यांतून वेटाळ्यांत प्रवाह सोडतां येतो. **ई** ही एक शुद्ध धावडी लोखंडाची बारीक नळी आहे, व त्या नळीस **प** हा एक दर्शककांटा आहे. ही नळी **फ** या कमानीस जोडलेली आहे. ही कमान **अ** या स्क्रूंत अडकविलेली आहे, व त्या स्क्रूनें तिला हवें तितकेंच वर उचलतां येतें; व तेणेंकरून यंत्रांत प्रवाह जात नसतो तेव्हां नळीच्या बाजूवर छेद पाडलेली जी मानपट्टी आहे, तिच्या शून्यावर नळीचा दर्शक येई, इतकें नळीस वर खालीं सारतां येतें. ज्या प्रवाहांचे जोर माहीत आहेत, असे प्रवाह यंत्रांत सोडून ज्या ज्या ठिकाणीं दर्शककांटा स्थिर होतो, त्या त्या ठिकाणीं आंकडे मांडून मानपट्टीवर छेद पाडलेले असतात. यामुळें कोणताही प्रवाह सोडून त्याचा जोर किती अम्पियर

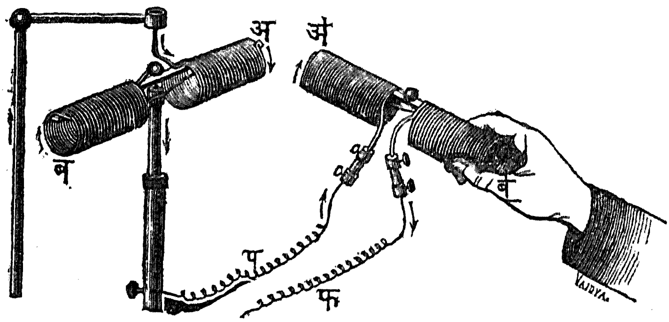
आ० १३३.



आहे, हें एकदम या यंत्रानें समजतें. वेटाळ्यांत एक धावडी लोखंडाची कांब ड नळींत थोडी जाई अशी बसविली ह्मणजे यंत्राचें कार्य जास्त चांगलें घडतें. कारण ही कांब प्रवाहानें चुंबित होऊन तिच्या कार्यानें प्रवाहाचा परिणाम वाढतो, व यंत्र फार सूक्ष्म होतें.

१०८. प्रवाहनलिकांचीं परस्परांवर कार्यें:—ज्या प्रवाहनलिकांमध्यें जोराचे प्रवाह वाहत आहेत, त्यांपैकीं एक नलिका आकृति १३४

आ० १३४.



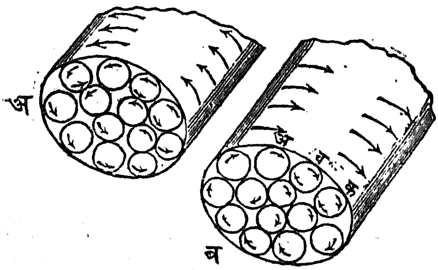
मध्यें दाखविल्याप्रमाणें उभ्या आंसावर फिरती ठेविली, आणि दुसऱ्या नलिकेस हातांत धरून तिजजवळ आणिलें, तर २ चुंबकांचीं परस्परांवर जशीं कार्यें घडतात, त्यांसारखींच या दोन नलिकांचीं एकमेकांवर कार्यें घडतात. नलिकांचीं जीं टोंकें **अ, अं** एकमेकांजवळ आणलेलीं असतील, त्यांतील प्रवाहांच्या दिशा लक्षांत आणिल्या, तर प्रवाहांचीं कार्यें परस्परांवर कशीं होतात, हें वर सांगितलें आहे, त्यावरून नलिकांचीं जीं कार्यें परस्परांवर होतात, त्यांचीं कारणें सहज सांगतां येतील.

१०८. चुंबकत्वाविषयीं अम्पियर याची उपपत्ति:—प्रवाहनलिका आणि चुंबक यांमध्यें जें साम्य असतें, त्यावरून **अम्पियर** यानें चुंबनाविषयीं फार सयुक्तिक अशी एक उपपत्ति बसविली आहे. त्या उपपत्तीनें चुंबकाचीं सर्व कार्यें विद्युद्गतिशास्त्राच्या तत्वांवरून स्पष्ट करितां येतात.

दोन चुंबनद्रव असून त्यांच्या आकर्षक, प्रतिसारक व प्रवर्तककार्यांमुळें चुंबकाच्या सर्व क्रिया घडतात, असें न समजतां, अम्पियर यानें असें गृहीत घेतलें कीं, चुंबनीय पदार्थाच्या प्रत्येक अणूभोंवतीं विद्युत्प्रवाह खेळत असून त्याचें मंडल पूर्ण असतें. जेव्हां चुंबनीय पदार्थांत चुंबकत्व आलेलें नसतें, तेव्हां हे अणूभोंवतालचे प्रवाह त्यांच्या परस्पर आकर्षककार्यामुळें अशा स्थितींत असतात कीं, बाह्यपदार्थांवर त्यांचें कार्य मुळींच घडत नाहीं. चुंबनीय पदार्थास चुंबित करणें ह्मणजे या अणूभोंवतालच्या प्रवाहांस समांतर दिशा देणें होय; आणि ज्या मानानें चुंबित करणारी शक्ति जास्त जोराची असेल, त्या मानानें या प्रवाहांस जास्त समांतरत्व प्राप्त होतें. जेव्हां प्रवाहांस पूर्ण समांतरत्व प्राप्त होतें, तेव्हां चुंबित होण्याची सीमा होतें.

अणूभोंवतालच्या सर्व प्रवाहांच्या कार्यांचा परिणाम चुंबकाच्या पृष्ठभागावरील एका प्रवाहाच्या कार्याबरोबर असतो. आकृति १३५ मध्यें गोल चुंबककांबीच्या दोहों टोंकांत अणूंभोंवतीं जे प्रवाह असतात, ते लहान लहान वर्तुळांनीं दाखविले आहेत, व त्यांच्या दिशा तिराच्या टोंकांनीं दर्शविल्या आहेत. या प्रवाहांकडे पाहिलें असतां असें दिसून येईल

आ० १३५.



कीं, यांचे जवळ जवळचे भाग परस्पर समांतर परंतु उलट दिशांनीं वाहणारे असल्यामुळें एकमेकांस प्रतिसारित करितात. यामुळें यांचें कार्य बाह्यपदार्थांवर कांहीं होऊं शकत नाहीं. परंतु जे प्रवाह कांबीच्या पृष्ठभागावर खेळत असतात, त्यांची गोष्ट अशी नसते.

चुंबकाच्या पृष्ठभागावरील या प्रवाहांची दिशा टांगलेल्या प्रवाहनलिकेचा विचार केल्यानें सहज लक्षांत येते (आ० १३१ पहा). प्रवाहनलिकेंत प्रवाह खेळत असला, व त्यामुळें नलिका चुंबनमध्यपातळींत समतोल असली,

तर ती अशा स्थितींत स्थिर राहील कीं, नलिकेच्या खालच्या प्रत्येक वेटाळ्यांतून पूर्वेकडून पश्चिमेकडे प्रवाह वाहील. यास्तव चुंबकाच्या पृष्ठभागावरील प्रवाहाविषयीं खालीं लिहिलेला नियम देतां येतो:—

चुंबकाच्या उत्तरध्रुवाभोंवतीं अम्पियरच्या कल्पनेप्रमाणें जे विद्युत्प्रवाह खेळत असतात, त्यांची दिशा घड्याळाच्या कांट्याच्या गतीच्या उलट असते. आणि दक्षिणध्रुवाभोंवतालच्या प्रवाहांची दिशा घड्याळाच्या कांट्याच्या गतीसारखी असते.

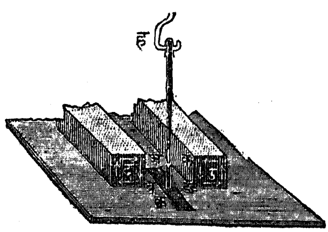
१०९. पृथ्वीभोंवतालचा प्रवाह:—पृथ्वीच्या कार्यानें जे चुंबनीय परिणाम घडतात, त्यांचीं कारणें या उपपत्तीवरून सांगण्यासाठीं भूगोलाभोंवतीं चुंबनमध्यपातळीशीं लंब अशा दिशेंत पूर्वेकडून पश्चिमेकडे विद्युत्प्रवाह खेळत आहेत, असें अम्पियर यानें गृहीत घेतलें आहे.

या सर्व प्रवाहांचा परिणामीं किंवा फलित असा एकच प्रवाह भूचुंबन विषुववृत्तावर पूर्वेकडून पश्चिमेकडे वाहत असतो. भूगोलाच्या निरनिराळ्या भागांवर सूर्य पूर्वेकडून पश्चिमेकडे क्रमाक्रमानें जात असतां उष्णमानांत जे फेरफार घडतात, त्यांच्या योगानें उत्पन्न झालेले हे उष्णताजन्य विद्युत्प्रवाह असावे, असें कल्पिलें आहे.

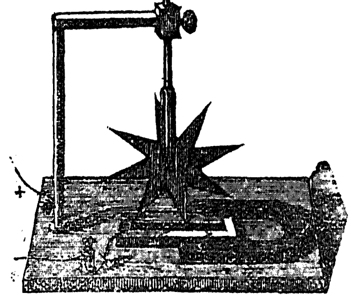
या प्रवाहांच्या योगानें चुंबककांट्यांस दक्षिणोत्तर दिशा प्राप्त होते. कारण चुंबककांट्याच्या खालच्या पृष्ठभागावरील विद्युत्प्रवाह पृथ्वीवरील प्रवाहाशीं समांतर असून त्या प्रवाहांच्या दिशेंतच वाहणारे होतात, तेव्हांच चुंबककांटा स्थिर होतो. चुंबककांट्याभोंवतालच्या प्रवाहांची दिशा कांट्याच्या लांबीशीं काटकोन करणारी असते. ह्मणून या पूर्व पश्चिम रेषेशीं काटकोन करण्याजोगा ह्मणजे दक्षिणोत्तर स्थिर होतो. लोखंडाच्या दगडांस जें स्वभावत: चुंबकत्व प्राप्त होतें, तेंही बहुधा याच रीतीनें प्राप्त होत असावें.

११०. कंप पावणारी किंवा हेलकावे खाणारी तार, बार्लोचें चक्र:—विद्युत्प्रवाहावर चुंबकाचें जें कार्य घडतें, त्याचें एक चमत्कारिक उदाहरण आकृति १३६ मध्यें दाखविलेल्या प्रयोगांत दिसून येतें.

आ० १३६.



ह, क ही एक तार आंकड्यावर फिरणारी आहे, व आंकडा विद्युन्मालेच्या एका ध्रुवास जोडलेला आहे. फळीवर एक खळगी पाडून त्यांत पारा भरलेला आहे, व त्या पाऱ्यास मालेचा दुसरा ध्रुव जोडलेला आहे. **हक** तारेचें **क** टोंक आपल्या वजनानें या पाऱ्यास स्पर्श करितें. खांचेच्या दोहों बाजूंस नालाच्या आकाराच्या चुंबकाचे **द, उ** हे ध्रुव आहेत. फिरत्या तारेंत प्रवाह सोडला ह्मणजे प्रवाह ज्या दिशेनें वाहत असेल, त्याप्रमाणें **क** तार चुंबकाकडे किंवा चुंबकापासून हेलकावे खात राहते. अम्पियरच्या उपपत्तीप्रमाणें चुंबकाच्या ध्रुवाभोंवतालचे प्रवाह मनांत आणिले, ह्मणजे याचें कारण सहज लक्षांत येतें. **द** ध्रुवाभोंवतालचा **अब** प्रवाह आणि **उ** ध्रुवाभोंवतालचा **कड** प्रवाह हे तारेजवळच्या चुंबकाच्या बाजूंत परस्पर समांतर व एकाच दिशेकडे वाहणारे आहेत. **हक** तारेंतून जाणारा प्रवाह त्याच दिशेंत असला तर ते तारेस आकर्षण करितील, आणि तार आंतल्या बाजूस सरेल. याप्रमाणें तार आंत सरतांच तिचा पाऱ्याशीं संबंध तुटेल, व तिजमध्यें प्रवाह वाहणार नाहीं. असें झालें ह्मणजे पुनरपि तार आपल्या वजनानें मागें येऊन पाऱ्यावर लंबोत्तर राहील, व पाऱ्यास स्पर्श करील. स्पर्श करितांच पुनः तिजमध्यें प्रवाह वाहील, व ती पुनः आकर्षिली जाऊन आंतल्या बाजूस वळेल. याप्रमाणें वरचेवर घडून तार आंतल्या बाजूस हेलकावे खात राहील. परंतु जर प्रवाह उलट दिशेनें **क** पासून **ह** कडे जाणारा असला, तर हा प्रवाह ध्रुवांवरील प्रवाहाशीं समांतर परंतु उलट दिशेकडे वाहणारा असेल. ह्मणून दोहोंमध्यें प्रतिसारण घडेल, आणि तार बाहेरच्या बाजूस जाईल. बाहेर जातांच पुनः पाऱ्याशीं संबंध तुटेल, व तारेंतील प्रवाह बंद होईल. प्रवाह बंद होतांच पुनः तार आपल्या वजनानें मागें येऊन पुनः पाऱ्यास स्पर्श करील व तिजमध्यें पुनः प्रवाह जाईल.



साचा घेऊन त्यास खोल दांत पाडून त्यास तान्याचा आकार आणिलेला असतो. याच्या मध्यांत एक तारेचा तुकडा घालून एका फळीवर उभा खांब बसवून त्यास आडवा एक गज बसविलेला असतो, व त्या गजाच्या टोंकास स्क्रूनें वर खालीं सरण्याजोगें एक डेळकें बसविलेलें असतें, व त्या डेळक्याच्या दोहों टोकांस दोन भोंकें पाडून त्यांत या चक्राचा आंस बसविलेला असतो; यामुळें चक्र आपल्या आंसावर फिरतें. फळीवर थेट चक्राखालीं एक लांबट खांच पाडून तींत पारा भरलेला असतो, व या पाऱ्यास चक्राचीं फक्त टोकें लागावीं, असें चक्र टांगलेलें असतें. व खांचेच्या दोहों बाजूंस आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें नालाच्या आकाराच्या चुंबकाचे दोन ध्रुव असतात. विद्युन्मालेचा एक ध्रुव खांबास व दुसरा पाऱ्यास जोडला ह्मणजे चक्र फिरूं लागतें, आणि फिरण्याची दिशा प्रवाहाच्या दिशेवर अवलंबून असते. मागच्या प्रयोगांत प्रवाह तारेंतून पाऱ्यांत येत होता, व या प्रयोगांत चक्राच्या आऱ्याच्या टोंकांतून पाऱ्यांत येत आहे. आकर्षण किंवा प्रतिसारण घडेल, त्याप्रमाणें चक्राचा दांत पुढें किंवा मागें सरेल, व पाऱ्यांतून बाहेर निघेल. एक टोंक पाऱ्यांतून बाहेर निघतांच दुसरें पाऱ्यास येऊन टेंकेल. तेंही पुढें किंवा मागें फेंकलें जातांच तिसरें येऊन ठेपेल. याप्रमाणें चक्र गरगरां फिरत राहील.

ग्राम याच्या किंवा दुसऱ्या चुंबकविद्युद्यंत्राच्या कार्याचें मूलतत्व या यंत्रानें दाखवितां येतें. फळीवरील स्क्रूंस विद्युन्मालेचे ध्रुव न जोडतां, विद्युत्प्रवाह

मापण्याच्या विद्युन्मापकासारख्या यंत्राच्या तारा जोडिल्या आणि चक्रास हातानें गरगरां खूब जलद फिरविलें, तर विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होईल व त्याचें अस्तित्व विद्युन्मापकाचा कांटा आपलें स्थान सोडील त्यावरून उघड होईल.

प्रकरण ११.

विद्युच्चुंबक, तारायंत्र आणि विद्युच्चुंबकचालक यंत्रें.

११२. विद्युत्प्रवाहानें चुंबक करणें. विद्युच्चुंबकः—चुंबकावर विद्युत्प्रवाहाचें कार्य घडलें ह्मणजे चुंबकाचा उत्तरध्रुव डावीकडे व दक्षिणध्रुव उजवीकडे वळतो. ह्मणून स्वाभाविक स्थितींत असलेल्या चुंबनीय पदार्थावर विद्युत्प्रवाहाचें कार्य घडल्यास चुंबनीय पदार्थांतील चुंबकत्वें वेगळीं करण्याचा प्रवाहाचा कल असेल, हें स्वाभाविक आहे. ज्या तारेंतून विद्युत्प्रवाह जात आहे अशी तार, जर कानसून पडलेल्या लोखंडी खिसांत बुडविली, तर त्या तारेस लोखंडी खिसाचे पुष्कळ कण चिकटतात (आ० १३८ पहा). परंतु

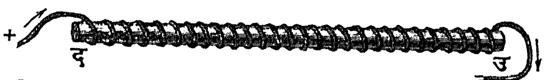
आ० १३८.



त्यांतील प्रवाह बंद करतांच सर्व कण खालीं पडतात. जे धातु चुंबनीय नाहींत, अशा धातूंच्या खिसावर अशा प्रकारचें कार्य कधीं घडत नाहीं.

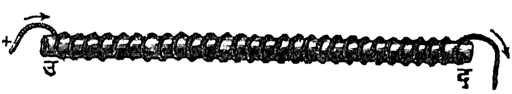
चुंबनीय पदार्थावर विद्युत्प्रवाहाचें जें कार्य घडतें, तें **अम्पियर** यानें योजिलेल्या प्रयोगांत चांगलें दिसून येतें. जींमध्यें चुंबकत्व नाहीं, अशा पोलादी कांबीसभोंवतीं रेशमानें मढविलेली तांब्याची तार गुंडाळली, आणि त्या तारेंत विद्युत्प्रवाह अगदीं अल्पकाळ सोडिला, तरी त्या कांबींत खूब चुंबकत्व येतें (आ० १३९ पहा). तारेंत प्रवाह खेळत असतां पोलादी कांब

आ० १३९.



पुढें मागें ओढल्यानें कार्य जास्त जोराचें घडतें. हाच परिणाम धावडी लोखंडाच्या कांबीवरही घडतो, परंतु हिच्यांतील चुंबकत्व क्षणिक असतें. प्रवाह बंद करतांच, जर लोखंड शुद्ध व चांगलें तयार केलेलें असलें, तर त्यांत बहुतेक प्रतिबंधकशक्ति नसते, व तें तत्काळ स्वाभाविक स्थितींत येतें. आकृति १३९ मधील नागमोडी वेटाळ्याच्या एका टोंकाकडे उभें राहून त्याकडे पाहिलें, आणि जर तारेचे वळसे एकाच दिशेस घड्याळाचे कांटे फिरतात त्याप्रमाणें ह्मणजे उजवीकडून डावीकडे गुंडाळलेले दिसले, तर ज्या टोंकांतून धनविद्युल्लता तारेंत शिरते, तें टोंक **दक्षिणध्रुव** असतें. आणि जर कांबीभोंवतीं त्याच्या उलट दिशेनें ह्मणजे डावीकडून उजवीकडे तार गुंडाळलेली असली (आ० १४०), तर ज्या टोंकांतून धनविद्युल्लता शिरते, तें टोंक **उत्तरध्रुव** असतें. पाहणारा प्रवाह ज्या दिशेंत जात आहे

आ० १४०.

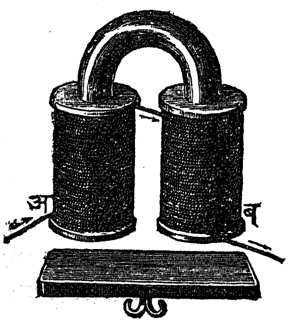


त्या दिशेंत तारेवर लोखंडी कांबीकडे पाहत पालथा राहिला, आणि प्रवाह पायांकडून शिरून डोक्यांतून बाहेर निघाला, तर उत्तरध्रुव नेहमीं डाव्या हाताकडे असतो, हें जें साधारण तत्व मागें सांगितलें, त्यांत या दोहों नियमांचा समावेश होतो.

विद्युद्घट जागृत करून त्यांतील जागृति मढविलेल्या तारेच्या वेटाळ्यांतून सोडिली, तरीही वेटाळ्यांतील कांबीस चुंबकत्व येतें, असें मागें आपण पाहिलें (आ० ७५). कशीदा काढण्याची लांब सूय घेतली, आणि तिजभोंवतीं तार गुंडाळून तारेंत प्रवाह सोडिला, तर हा प्रयोग चांगला साधतो. ज्या दिशेनें धनविद्युल्लता जाते, त्या दिशेचा विचार केल्यास सुयीस चुंबकत्व आलें ह्मणजे तिचे ध्रुव वरच्या नियमाप्रमाणें असतात, असें आढळेल.

धावडी लोखंडाच्या कांबीचे विद्युच्चुंबक केलेले असतात. या कांबीसभोंवतीं तार गुंडाळलेली असून तिजमध्यें विद्युत्प्रवाह सोडिला, ह्मणजे त्याच्या योगानें या कांबी चुंबक बनतात. परंतु हें चुंबकत्व क्षणिक असतें. कारण चांगल्या धावडी लोखंडामध्यें प्रतिबंधकशक्ति मुळींच नसते, आणि तारेंतून प्रवाह जाण्याचें बंद होतांच कांबींतील चुंबकत्व जातें. परंतु जर लोखंड चांगल्या जातीचें नसलें, तर त्यांत चुंबकत्वाचा जास्त कमी अंश राहतो. विद्युच्चुंबक आकृति १४१ मध्यें दाखविल्यासारखे घोड्याच्या नालाच्या आकाराचे करितात; आणि रेशीम किंवा सूत यानें मढविलेली तांब्याची तार नालाच्या दोहों बाजूंभोंवतीं अनेक वेळां अशी गुंडाळलेली असते कीं, तिचीं दोहों टोंकांवर **अ, ब** हीं वेटाळीं बनतात. नालाचीं दोन्ही टोंकें विजातीय ध्रुव व्हावीं, याकरितां **अ, ब** या दोहों बाजूंवरील तारेचे वळसे असे असावे लागतात कीं, तो नाल सरळ केला असतां एकाच दिशेंत तार गुंडाळली आहे, असें दिसावें.

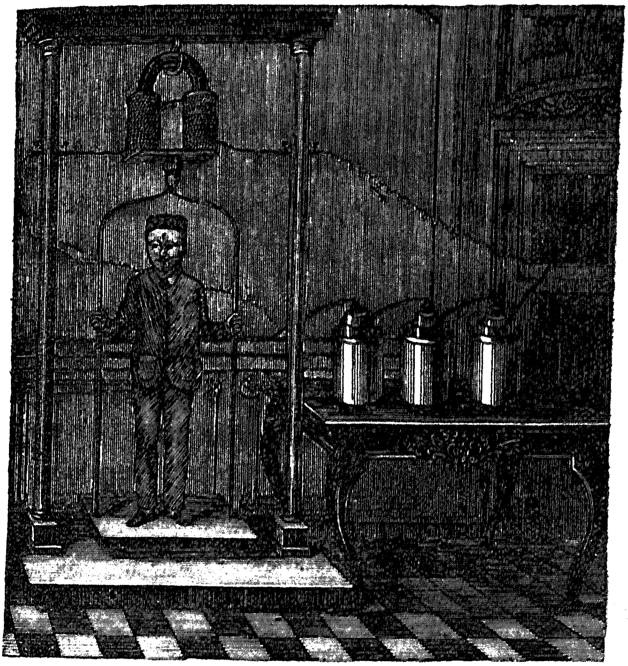
आ० १४१.



एकाच कांबीचे विद्युच्चुंबक न करितां दोन लोखंडी नळ्या लोखंडाच्याच एका भक्कम तुकड्यास स्क्रूनें भक्कम बसवून विद्युच्चुंबक केलेले असतात. **मार्स** याच्या तारायंत्रांत (क० ११७), विद्युच्चुंबक यंत्रांत वगैरे (क० १२३) विद्युच्चुंबक असे केलेले असतात. या नळ्यांभोंवतीं गुंडाळलेल्या तारेचे वळसे असे असतात कीं, दक्षिणध्रुवाकडे तोंड करून पाहिलें असतां घड्याळाचे कांटे फिरतात त्या दिशेंत आणि उत्तरध्रुवाकडे तोंड करून पाहिलें असतां त्याच्या उलट विद्युत्प्रवाह तारेंतून जाईल.

अशा चुंबकांची शक्ति, त्यांचे आकार, चुंबकत्व आणणाऱ्या वेटाळ्याच्या तारेच्या फेऱ्यांची संख्या, आणि तारेंत जाणाऱ्या प्रवाहाचा जोर या तिहींवर अवलंबून असते. एका मनुष्याचें वजन सहन करण्यास विद्युच्चुंबक फार जोराचा लागत नाहीं (आ० १४२ पहा). यांत मध्यम आकाराच्या चुंब-

आ० १४२.



काच्या धारकाच्या आंकड्यास पारडें लाविलेलें असून त्यांत मनुष्य उभा आहे. बनसेनच्या तीन मोठ्या चक्रांचा प्रवाह सोडल्यानें चुंबकानें मनुष्यास तोलून धरिलें आहे.

११३. तारायंत्र किंवा तिरोलेखनः—धातूंच्या तारेंत विद्युत्प्रवाह सोडून त्याच्या योगानें पुष्कळ अंतरावर अतिशय वेगानें ज्या यंत्रानें खुणा पाठवितां येतात, त्यास **तारायंत्र** किंवा **तिरोलेखनयंत्र** ह्मणतात. गेल्या शतकाच्या अखेरीस व चालू शतकाच्या आरंभीं मढविलेल्या वाहक तारेंत विद्युत् सोडून विद्युद्यंत्रापासून जे परिणाम घडतात, ते परिणाम तारेच्या द्वारें दुसऱ्या ठिकाणीं उत्पन्न करून त्यांच्या साधनानें अंतरावर असलेल्या दोन

स्थळांमध्यें दळणवळण चालवितां येईल, अशी कित्येक शास्त्रवेत्त्यांच्या मनांत कल्पना आली, आणि सन १८११ सालीं **सीमरिंग** यानें पहिलें तारायंत्र शोधून काढिलें. त्यांत अंतरावरच्या ठिकाणीं पाण्याचें पृथग्भवन करून खुणा करण्याची योजना केली होती. सन १८२० सालीं ज्या वेळीं विद्युच्चुंबक माहीत नव्हते, तेव्हां चुंबककांट्याच्या योगानें बातमी पाठविण्याची **अम्पियर** यानें कल्पना काढिली. चुंबककांट्यावरून प्रवाह सोडिला असतां चुंबककांटा डाव्या उजव्या बाजूस वळतो, त्यावरून खुणा कराव्या, अशी त्यानें युक्ति बसविली; आणि जितकीं अक्षरें लागतील, तितके कांटे व तितक्या तारा तो घेऊं लागला. सन १८३४ सालीं **ग्रॉस** आणि **वेबर** यांनीं विद्युच्चुंबकाचें तारायंत्र केलें. यामध्यें ज्या तारेंतून विद्युत्प्रवाह जात असे, त्या तारेचें चुंबित केलेल्या कांबीवर कार्य होत असे, आणि तेणेंकरून प्रवाहाच्या कार्यानें जीं चुंबककांबीचीं सूक्ष्म आंदोलनें घडत, तीं दुर्बिणीनें पाहत असत. याप्रमाणें वेधशाळेंतून सव्वा मैल अंतरावर असलेल्या **गाटिंजन** या शहरच्या यंत्रशाळेंत यांस बातमी पाठवितां आली; ह्मणून अंतरावरच्या स्थळांस विद्युल्लतेनें बातमी पाठवितां येते, हें प्रत्यक्ष प्रयोगानें सिद्ध करण्याचें श्रेय यांसच प्रथम आलें. सन १८३७ सालीं **म्यूनीच** येथें **स्टेन्हिल** यानें आणि **लंडन** येथें **व्हीटस्टोन** यानें नवीं तारायंत्रें केलीं; त्यांत अनेक तारांचें कार्य एकाच चुंबककांट्यावर होत असे. पहिल्या गृहस्थानें विद्युच्चुंबक यंत्राच्या प्रवाहाचा उपयोग केला होता, व दुसऱ्यानें चिरस्थायी विद्युच्चक्रमालेचा उपयोग केला होता.

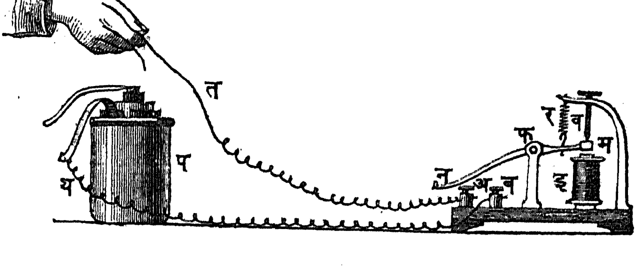
तारायंत्राचे मुख्य तीन भाग असतात. (१) **प्रवाहमंडल,** दोहों स्थळांस धातूच्या तारांनीं जोडून हें मंडल करितात; आणि **विद्युत्प्रवाह,** हा उत्पन्न करण्यासाठीं **माला** किंवा दुसरा **विद्युदुत्पादक**; (२) एका ठिकाणीं **प्रेषक** ह्मणजे खुणा पाठविण्याचें यंत्र; आणि (३) दुसऱ्या ठिकाणीं **ग्राहक** ह्मणजे आलेल्या खुणा पुनः उत्पन्न होण्याचें, ह्मणजे खुणा घेण्याचें यंत्र. खुणा पाठविण्याच्या व घेण्याच्या यंत्रांचे अनेक प्रकार असतात. मुख्यत्वें तीन प्रकारचीं तारायंत्रें प्रचारांत आहेत. **(१) कांट्याचें तारायंत्र, (२) तबकडीचें तारायंत्र,** आणि **(३) छापण्याचें तारायंत्र.**

कांट्याचें तारायंत्र उभ्या विद्युन्मापकासारखें असतें (क० ९८); ह्मणजे मढविलेल्या तारेच्या वेटाळ्यांत उभा चुंबककांटा बसविलेला असतो; कांट्यास एक दर्शक जोडलेला असतो, तो यंत्राच्या पुढल्या भागीं दिसतो, तारेच्या वेटाळ्यांत भिन्नभिन्न दिशांनीं प्रवाह पाठवून पाठविणाराच्या इच्छेप्रमाणें कांट्यास उजवीकडे किंवा डावीकडे वळवून खुणा करितात. हें ज्या यंत्रानें करितात त्यास **किल्ली** (प्रेषक) किंवा **परिवर्तक** ह्मणतात.

तबकडीच्या यंत्रांत तबकडीवर परिघांत मुख्य २६ इंग्रजी अक्षरें काढलेलीं असतात. त्या अक्षरांवर एक दर्शक विद्युच्चुंबकानें सरकतो; ज्या अक्षरापुढें दर्शक थांबतो तें अक्षर बातमी पाठविणाराचें असें समजून टिपून घेतात. या रीतीनें तारेनें बातमी फार जलद पाठवितां येत नाहीं. याची रचनाही फार बिकट असते आणि याकरितां वरचेवर यंत्र बिघडण्याचा संभव असतो. तथापि यांतील बातमी पाठविण्याची रीति फार साधी व सुलभ असल्यानें युरोपांत कित्येक बडे लोक आपल्या खासगी कचेऱ्यांत याचा क्वचित् उपयोग करितात.

११४. मार्स याच्या तारायंत्राचें तत्वः—थांबून थांबून प्रवाह सोडल्यानें धावडी लोखंडामध्यें जें क्षणिक चुंबकत्व येतें, व पुनः नष्ट होतें त्यावर या तारायंत्राचें मुख्य बीज अवलंबून असतें. रेशमानें मढविलेली तार गुंडाळून केलेला **इ** हा एक विद्युच्चुंबक बैठकीवर बसविलेला आहे (आ० १४३ पहा). याच्या तारेचीं दोन शेवटें बैठकीवरील **अ, ब** या दोन स्क्रूंस

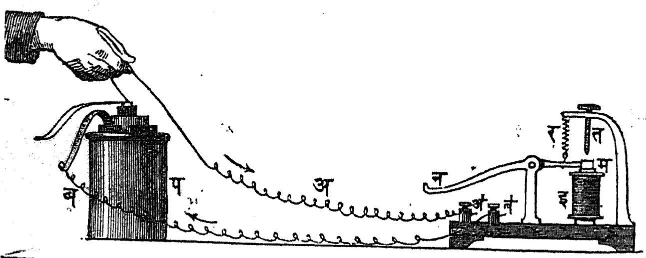
आ० १४३.



तुकडा बसविलेला आहे; यामुळें विद्युच्चुंबकाच्या तारेंत जेव्हां विद्युत्प्रवाह जातो, तेव्हां तिजमधील लोखंडी तुकड्यांत चुंबकत्व येऊन हा तुकडा आकर्षिला जातो. ह्मणून उच्चालकाची टेंकूच्या उजव्या बाजूची भुजा खालीं येते. परंतु प्रवाह थांबवितांच **इ** चुंबकांतील चुंबकत्व गेल्यामुळें **र** या पाणीदार कमानीनें **व** या स्क्रूस टेंकीपर्यंत उच्चालक उचलला जातो, आणि ज्या वेळीं **इ** चुंबकांत चुंबकत्व नसतें, त्या वेळींही उच्चालक असा वर उचलला राहतो.

असें समजूं कीं, हा विद्युच्चुंबक कलकत्ता येथें आहे, आणि पुण्यास **प** हें विद्युच्चक्र आहे. याचा ऋणध्रुव **थ** विद्युच्चुंबकाच्या बैठकीवरील **ब** या स्क्रूस कायमचा जोडलेला आहे; आणि दुसरी **अ** या स्क्रूपासून आलेली **त** तार बातमी पाठविणारा आपल्या हातांत धरितो. जोंपर्यंत बातमी पाठविणारा हातांतील तार धनध्रुवास जोडीत नाहीं, तोंपर्यंत विद्युच्चुंबकाच्या तारेंत प्रवाह जात नाहीं. यामुळें विद्युच्चुंबकाचें आकर्षककार्य न घडतां उच्चालक वर उचलला राहतो (आ० १४३). परंतु बातमी पाठविणारानें आपल्या हातांतील तार विद्युच्चक्राच्या धनध्रुवास जोडतांच प्रवाहमंडल पुरें होऊन तारेंत प्रवाह जातो, आणि विद्युच्चुंबक उच्चालकाच्या **फम** भुजेस आकर्षण करितो, व तेणेंकरून ती खालीं येते (आ० १४४[१] पहा). परंतु तार धनध्रुवावरून

आ० १४४.



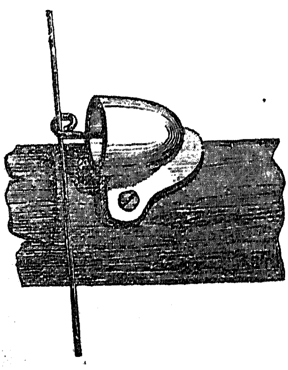
१ मागील व या आकृतींत अक्षरें चुकीनें भिन्न पडलीं आहेत, तरी तत्व समजण्यास हरकत नाहीं.

काढतांच प्रवाहमंडल मोडतें, किंवा तुटतें आणि उच्चालक वर उचलला जातो. याप्रमाणें बातमी पाठविणाराच्या इच्छेप्रमाणें हवा तेव्हां प्रवाह तोडून उच्चालकास खालीं आणतां येतें. याप्रमाणें पुण्यास असलेल्या मनुष्यास कलकत्ता येथें असलेल्या विद्युच्चुंबकांत प्रवाह सोडून हवे तितके वेळां व हवें तितकें जलद उच्चालकास खालवर नेतां येतें. विद्युच्चुंबकाचीं जीं तारायंत्रें केलेलीं असतात, त्यांच्या रचनेचें हेंच मूळबीज असतें. आतां उच्चालकाचें हें जें खालवर येणें यास कांहीं नियमित अर्थ देऊन त्याच्या अक्षरसंज्ञा ठरविणें येवढें राहिलें.

११५. बातमी पाठविण्याची मार्गाची तारः—तारेनें बातमी पाठविण्याकरितां ज्या अनेक मुख्य गोष्टी लागतात, त्यांपैकीं विद्युत् उत्पन्न करण्याकरितां ज्या ब्याटऱ्या किंवा माला घ्याव्या लागतात, त्यांचें वर्णन पूर्वी केलें आहे. याकरितां दोन स्थळांस तारांनीं जोडून प्रवाहमंडळ कसें पुरें करितात याविषयीं आतां सांगूं. दोन स्थळांस जोडणाऱ्या तारा हवेंतून, जमिनींतून किंवा समुद्रांतून नेतात.

कांहीं नियमित अंतरावर लांकडी किंवा लोखंडी खांब पुरून त्यांच्या माथ्यावर चिनी मातीचीं टोपणें बसवितात, व त्या टोपणांवरून तार नेतात. येणेंकरून ती पृथ्वीपासून व खांबापासून अलग राहते. जस्तानें मढविलेली जाड लोखंडी तार या खांबांवरून नेऊन दोन स्थळांस जोडितात (आ० १४५ पहा). **मुंबई** किंवा **लंडन** यांसारख्या दाट वस्तीच्या शहरांत खांबांवरून तार नेली असतां मोडेल किंवा तुटेल, म्हणून अशा ठिकाणीं गटापर्चानें मढविलेली तांब्याची तार जमिनीखालून नेतात.

आ० १४५.

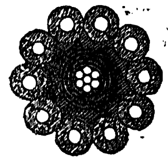


ही तार फार बळकट लागते. या तारेचा साधारण आकार आ० १४६।१४७

आ० १४६.



१४७.



यांमध्यें दाखविला आहे. ही तार एकंदर १०।१२ जाड तारांची केलेली असते, व यांतील प्रत्येक तार फार शुद्ध अशा तांब्याच्या ७ बारीक तारांची वळून दोरी केलेली असते. या दोरीच्या सभोंवतीं गटापर्चा व डांबर याचे चार थर दिलेले असतात. प्रथमतः गटापर्चाचा थर देऊन त्याच्या सभोंवतीं राळ, डांबर व गटापर्चा या तिहींच्या मिश्रणाचा थर देतात. यावर पुनः गटापर्चाचा व पुनः या मिश्रणाचा असे प्रत्येकाचे ४।४ थर देऊन तार मढवितात. हिला पुनः डांबरांत बुडविलेल्या भांगेच्या वाकानें मढवितात. यावर पुनः डांबरांत बुडविलेल्या वाकानें मढविलेली अशी पोलादी तार गुंडाळलेली असते. या सर्व कृतींनीं समुद्राच्या खारट पाण्याचें व समुद्रांतील प्राण्यांचें तारेवर कांहीं कार्य चालत नाहीं; व ही तार खूब बळकट होते.

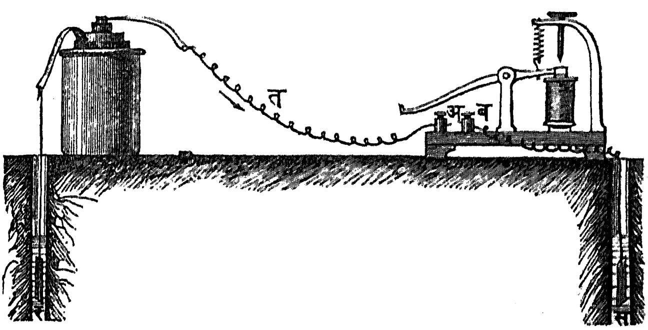
आ० १४६ यांत ही तार लांबच लांब कशी दिसते, आणि आ० १४७ मध्यें या तारेस उभें तोडलें असतां तोडल्या ठिकाणीं कशी दिसते, हें दाखविलें आहे. अशा तारेचा किंवा दोरीचा व्यास सुमारें १ इंचाचा असतो; व अशा एक मैल तारेचें वजन १ टन भरतें; व या तारेचा प्रतिबंध दर मैलास $३\frac{१}{२}$ पासून १० **ओम** होतो.

११६. पृथ्वीनें मंडल पुरें करणें:—आ० १४३।१४४ मध्यें एका ठिकाणच्या मालेच्या धनध्रुवास जोडलेली तार मात्र दुसऱ्या ठिकाणच्या यंत्रास जोडलेली आहे, एवढेंच नाहीं; तर त्या यंत्रापासून दुसरी तार परत आणून

ब्याटरीस जोडली आहे. असें करण्यानें दोहों स्थळांमध्यें हजारों मैल अंतर असलें, ह्मणजे दुप्पट तार लागते. सन १८७३ सालीं **स्टेन्हिल** यानें असा महत्वाचा शोध लाविला कीं, दुसरी तार न लावतां पृथ्वीच्या योगानें मंडल पुरें करतां येतें. यापासून दोन फायदे होतात. एक तर दुसरी तार लावण्याचा खर्च वांचतो, आणि दुसरें पृथ्वी हा अतिशय मोठा वाहक असल्यामुळें तिजपासून प्रतिबंध कमी होतो.

या रीतीनें मंडल पुरें करण्याकरितां बातमी पाठविण्याच्या ठिकाणीं ऋणध्रुवास एक तांब्याची तार जोडून तिच्या दुसऱ्या टोंकास **र** हा तांब्याचा पत्रा जोडतात. तो पत्रा जवळच एकादी विहीर किंवा पाण्याचें तळें असल्यास त्यांत सोडतात (आ० १४८ पहा); किंवा तशी सोय नसेल तर जमिनींत

आ० १४८.

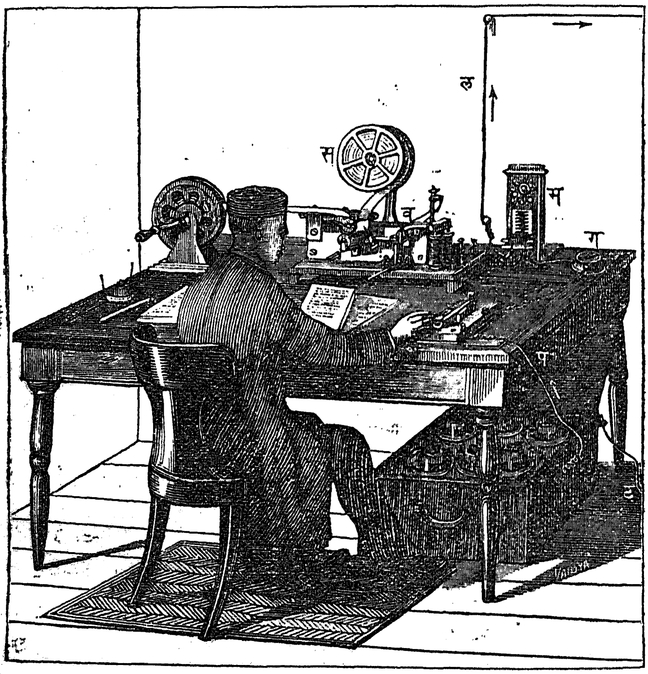


खोल खड्डा खणून तो पत्रा ओलसर जमिनींत पुरतात. वीज पडल्यानें इमारतीस इजा न होतां ती थेट जमिनींत जावी, ह्मणून विजेचे वाहक जमिनींत सोडण्याचा जो हेतु असतो, तोच हेतु येथें असतो. याचप्रमाणें बातमी घेण्याच्या ठिकाणीं **ब** या स्क्रूस जोडलेल्या तारेस लाविलेला पत्रा **स** पाण्यांत सोडतात, किंवा जमिनींत पुरतात. याप्रमाणें या दोहों पत्र्यांस जोडण्याचें काम तारेच्या ऐवजीं पृथ्वी करिते. यामुळें ब्याटरींतील जी ऋणविद्युत् **र**

उतरते; आणि जमिनीच्या योगानें पहिल्या १ पत्र्यांतील ऋणविद्युत् आणि **स** पत्र्यांतील धनविद्युत् यांचा संयोग होऊन मंडल पुरें होतें; आणि येणेंकरून **ब** स्क्रूस जोडलेली तार परत आणून ब्याटरीच्या ऋणध्रुवास साक्षात् जोडल्याप्रमाणें जें कार्य व जे परिणाम व्हावयाचे ते होतात.

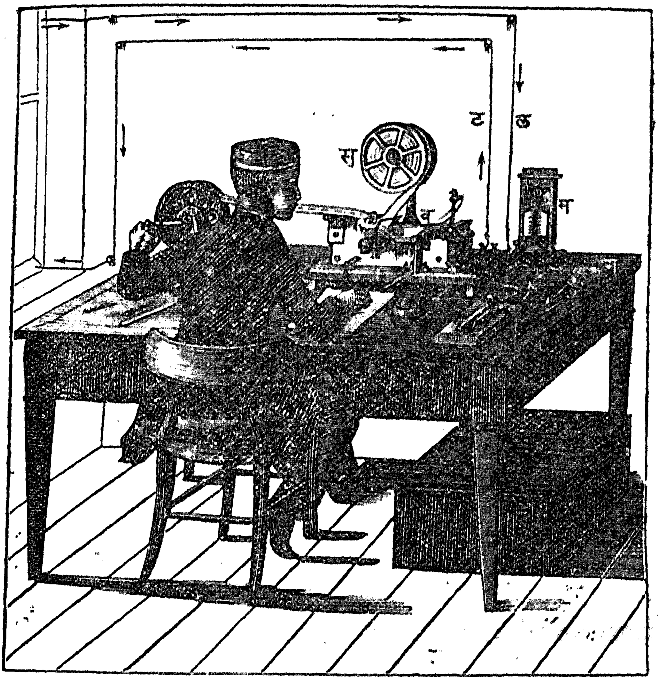
११७. मार्सचें तिरोलेखनयंत्रः—आकृति १४९ मध्यें बातमी पाठ-

आ० १४९.



विण्याचें ठिकाण व तेथील यंत्रें दाखविलीं आहेत, आणि आ० १५० मध्यें

आ० १५०.



बातमी घेण्याचें ठिकाण व तेथील यंत्रें दाखविलीं आहेत. प्रत्येक ठिकाणीं सर्व यंत्रें सारखींच असतात. प्रत्येक ठिकाणच्या यंत्राचे **प्रेषक** आणि **ग्राहक** असे मुख्य २ भाग असतात. बातमी पाठविण्याची एक किल्ली किंवा परिवर्तक हा प्रेषकाचें काम करितो; व बातमी घेण्याचा ग्राहक विद्युच्चुंबक असतो, त्यानें खुणा कागदावर उठतात. हे दोन्ही भाग मोठे काढून आकृति १५१।१५२ यांमध्यें दाखविले आहेत.

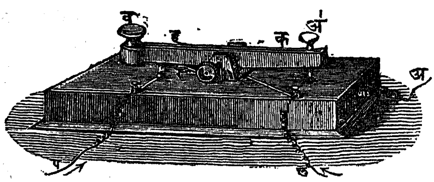
या यंत्रानें बातमी कशी पाठवितात, हें समजण्याकरितां आ० १४९ कडे वळूं. येथें टेबलाखालीं एक सहा चक्रांची विद्युन्माला आहे. तिजपासून

प्रवाह मिळतो. हा प्रवाह **प** या तारेनें परिवर्तकांत किंवा किल्लींत जातो. याचें वर्णन पुढें केलें आहे (आ० १५१ पहा). या परिवर्तकांतून प्रवाह **ग** या विद्युन्मापकांत जातो; आणि या विद्युन्मापकाचा कांटा वळला ह्मणजे प्रवाह जात आहे, असें आपणास कळतें. या विद्युन्मापकांतून **म** या यंत्रांत प्रवाह जातो. या यंत्राचा विजेच्या वाहकाप्रमाणें उपयोग होतो, व याचा उपयोग कसा होतो हें पुढें सांगण्यांत येईल. या विजेच्या वाहकांतून दोन स्थळांस जोडणाऱ्या **ल** या मार्गाच्या तारेंत जातो.

ही तार पुनः आकृति १५० मध्यें माथ्यावर दिसते. त्या ठिकाणीं या तारेंतून आलेला प्रवाह **म** या विजेच्या वाहकांत, नंतर **ग** विद्युन्मापकांत, तेथून किल्लींत किंवा परिवर्तकांत, आणि अखेरीस विद्युच्चुंबकांत जातो; आणि हा विद्युच्चुंबक ग्राहकाचें काम करितो. विद्युच्चुंबकांतून **ट** या तारेंत जाऊन पृथ्वींत जातो; आणि पृथ्वींतून परत मूळ ठिकाणच्या विद्युन्मालेच्या ऋणध्रुवास **ट** तारेनें येऊन मिळतो, आणि मंडल पुरें होतें (आ. १४९ पहा).

११८. मार्स याचा प्रेषक ह्मणजे त्याचें बातमी पाठविण्याचें यंत्र (किल्ली किंवा परिवर्तक), **आणि ग्राहक ह्मणजे बातमी घेण्याचें यंत्र.**—सर्व यंत्रांची साधारण रचना सांगितली. आतां विशेष भागांचें वर्णन करूं. एका लहान लांकडी बैठकीवर **हक** हा एक धातूच्या कांबीचा मध्यभागीं आडव्या आंसावर फिरता असा एक उच्चालक आहे (आ० १५१ पहा). याचें **ब** टोंक त्याखालील **र** या कमानीनें नेहमीं वर उचललें राहतें. दुसऱ्या टोंकावर एक **अं** स्क्रू आरपार गेलेला आहे,

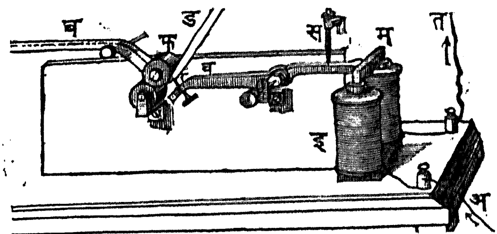
आ० १५१



व तो बाजूस असलेल्या **अ** या तारेस जोडलेल्या एका धातूच्या लहान तुकड्यावर टेंकत आहे. आकृति १५१ मध्यें ज्या वेळीं बातमी येते, ह्मणजे जेव्हां किल्लींतून ग्राहकांत प्रवाह जातो तेव्हां जशी प्रेषकाची ह्मणजे किल्लीची स्थिति असते, तशी दाखविली आहे; आणि ग्राहकयंत्र बातमी घेतांना कोणत्या स्थितींत

असतें, तें आकृति १५२ यांत दाखविलें आहे. विद्युत्प्रवाह **ल** या मार्गाच्या तारेनें येऊन ग्राहकाजवळच्या किल्लीत शिरतो. त्यांतून **हक** या उच्चालकांत खेळतो; आणि त्यांतून उच्चालकाच्या उजव्या टोंकावरील

आ० १५२.



अ या स्क्रूनें खालीं बाजूस **अ** या तारेंत उतरतो, आणि त्या तारेनें बातमी घेण्याच्या विद्युच्चुंबकयंत्रांत जातो. बातमी पाठविण्यास जेव्हां किल्लीचा उपयोग, आकृति १४९ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें करावयाचा असतो, तेव्हां **हक** हा उच्चालक ब्याटरीच्या **प** तारेस जोडलेल्या **र** खालच्या धातूच्या बटनास स्पर्श करीत नसतो. कारण बैठकीवरील टेंकूस लावलेल्या **र** कमानीनें उच्चालक वर उचलला राहतो. परंतु **ब** बटन दाबून उच्चालकास खालीं दाबलें, ह्मणजे उच्चालकाचा व **प** तारेचा संयोग होऊन प्रवाह **हक** उच्चालकांत एकदम जातो, व त्यांतून दोहों ठिकाणांस जोडणाऱ्या **ल** तारेंत जातो; आणि **ल** तारेंतून ज्या ठिकाणीं बातमी पाठविण्याची असेल, तेथील यंत्रांत जातो. कारण बातमी पाठविण्यास व घेण्यास दोहों स्थळांस जोडणाऱ्या अशा एकाच तारेचा उपयोग करितां येतो.

बातमी घेण्याच्या आ० १५२ मध्यें दाखविलेल्या **इ** या विद्युच्चुंबकयंत्राचें आतां वर्णन करूं. विद्युच्चुंबकांत प्रवाह घेतांच त्यांतील लोखंडाचा तुकडा चुंबक बनतो, आणि त्यावरील **मव** या फिरत्या उच्चालकाच्या टोंकास लाविलेला **म** हा लोखंडाचा तुकडा आकर्षिला जातो. किल्लीच्या **ब** बटनावरील दाब काढतांच **र** कमानीनें किल्लीचा **हक** उच्चालक वर उचलून प्रवाह तुटतो. त्याबरोबर **इ** या विद्युच्चुंबकांतील लोखंडाचें चुंबकत्व जातें, व त्यामुळें आकर्षण बंद होतांच तेथील **मव** उच्चालक **स** या कमानीनें वर उचलतो. या उच्चालकाच्या दुसऱ्या टोंकास **र** हा पेन्सिलीचा तुकडा लाविलेला असतो, त्यानें **डब** या कागदाच्या पट्टीवर खुणा उठतात. **डब**

ही जाड कागदाची लांब पट्टी आ० १४९।१५० या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें **स** या चाकावर गुंडाळलेली असते, आणि तेथून खालीं येऊन पितळी दोन रुळांमधून जाते. हे रूळ खरबरीत असून परस्पर उलट दिशांनीं फिरतात. तिराच्या टोंकांनीं दाखविल्याप्रमाणें कागदाची पट्टी पुढें जाऊन दुसऱ्या चाकावर गुंडाळते. तें चाक बातमी घेणारा मनुष्य हातानें पट्टी गुंडाळण्यासाठीं फिरवितो (आ० १५० पहा). **व** या पेटींत घड्याळाच्या चक्रासारखीं चक्रें असून त्यांच्या योगानें ज्या दोन रुळांमधून कागदाची पट्टी पुढें जाते, ते रूळ फिरतात.

याप्रमाणें रूळ फिरून कागदाची पट्टी पुढें जाऊं लागली, ह्मणजे जेव्हां विद्युच्चुंबक **मव** उच्चालकाच्या **म** टोंकास खालीं ओढतो, तेव्हां दुसऱ्या टोंकावरील पेन्सिल वर उचलून तिनें कागदावर खूण होते. पेन्सिलीनें कागदास भोंक न पाडतां **मव** उच्चालकाचें **म** टोंक ज्या मानानें चुंबकावर जास्त किंवा कमी वेळ टेंकेल, त्या मानानें बिंदु व रेषा कागदावर उठतात. जर उच्चालकाचें टोंक चुंबकावर टेंकून तत्काळ वर जाईल, तर पेन्सिलीचें टोंक कागदास टेंकून मात्र वर जाईल, व बिंदु उठेल. परंतु जर **म** टोंक कांहीं वेळ चुंबकावर टेंकलें, तर तितका वेळ पेन्सिलीचें टोंक कागदावर टेंकलें जाऊन कागद पुढें जाईल, त्याप्रमाणें त्यावर पेन्सिलीची रेषा उठेल. ह्मणून बातमी पाठविण्याच्या ठिकाणीं किल्लीचा बटन जास्त कमी वेळ दाबून बातमी घेण्याच्या चुंबकांत जास्त कमी वेळ प्रवाह सोडून हवे तितके बिंदु व हव्या तितक्या रेषा कागदावर उठवितां येतील. आतां बिंदु व खुणा यांच्या जोडांस नियमित अक्षरसंज्ञा देणें हें मात्र अवश्य आहे.

मार्स याच्या इंग्रजी मूळाक्षराचें खालीं कोष्टक (आ० १५२ पहा) दिलें आहे; आणि पुढील मराठी मूळाक्षरांच्या खुणांत या खुणा कशाकरितां योजिल्या आहेत तेंही दाखविलें आहे. अक्षरांपुढील पहिल्या कोष्टकांत बिंदु व रेषा उठविण्याच्या खुणा व दुसऱ्या कोष्टकांत कांट्याच्या यंत्राच्या खुणा दिल्या आहेत (क० ११३). उभ्या चुंबककांट्याचें वरचें टोंक डावीकडे वळलें, ह्मणजे ती खुणा टिंबाच्या बरोबरीची समजावयाची व उजवीकडे वळलें ह्मणजे रेषेच्या बरोबरीची समजावयाची.

आ. १५३

खुणांचीं मराठी अक्षरें.		मार्सच्या खुणा.	काट्याच्या खुणा.		मार्सच्या खुणा.	काट्याच्या खुणा.	खुणांचीं मराठी अक्षरें.
मात्रा. ...	A	· —		N	— ·		उकार
ब... ...	B	— · · ·		O	— — —		उ
च... ...	C	— · — ·		P	· — — ·		प
वेलांटी...	D	— · ·		Q	— — · —		ध
अनुस्वार.	E	·		R	· — ·		र
फ... ...	F	· · — ·		S	· · ·		स
ग... ...	G	— — ·		T	—		काना
ह... ...	H	· · · ·		U	· · —		त
वरचा रकार.	I	· ·		V	· · · —		व
ज... ...	J	· — — —		W	· — —		ए
क... ...	K	— · —		X	— · · —		क्ष
ल... ...	L	· — · ·		Y	— · — —		य
जोडाक्षराची खूण...	M	— —		Z	— — · ·		ज्ञ

"या प्रकारच्या खुणा मराठी मूळाक्षरांस देऊन मराठींत ही बातमी पाठवितां येईल; मात्र मराठींत मूळाक्षरांची संख्या जास्त आहे. शिवाय मराठींत काना, वेलांटी, उकार, रकार, मात्रा, अनुस्वार, विसर्ग, रेफ, जोडाक्षरें इत्यादि भानगडी असतात. त्यासाठीं जास्त खुणा ठरवाव्या लागतील. परंतु या सर्वांकरितां खुणा कायम ठरून त्या एकदा तारआफिसांतील नोकरांस अवगत झाल्या, ह्मणजे अडचण राहणार नाहीं, आणि अशा खुणा सर्वत्र सुरू करून त्या खुणांनीं स्वभाषेंत बातमी पाठविण्याचें सरकारानें सुरू केलें, तर ज्यांस इंग्रजी येत नाहीं त्यांस बातमी पाठविण्यासाठीं जी गैरसोय सोसावी लागते ती दूर होईल. मराठी खुणांत काना, मात्रा, वेलांटी, उकार, रेफ, अनुस्वार इत्यादिकांकरितां जास्त खुणा लागतात. मराठी अक्षरांस रा. रा. विष्णु चिं० कर्वे यांनीं आपल्या **विद्युन्मार्ग** या पुस्तकांत ज्या खुणा दिल्या आहेत, त्या माझ्या मतें चांगल्या आहेत. त्याच खालीं दिल्या आहेत. याच खुणा कांट्याच्या

यंत्रानें बातमी पाठविण्यासही उपयोगीं पडतात. बिंदूच्या खुणा डाव्या दिशेस आणि रेषेच्या खुणा उजव्या दिशेस देणें एवढें लक्षांत ठेविलें ह्मणजे झालें."

तारेनें बातमी पाठविण्याचीं

मराठी मूळाक्षरांचीं चिन्हें.

Telegraphic signals of Marathi Alphabets.

अ	•—•—	थ	——•———
इ	•—•••	द	•—•—•—
उ	———	ध	——•—
ऋ	——•——	न	••••—•••
ए	•——	प	•——•
क	—•—	फ	••—•
ख	•••—••	ब	—•••
ग	——•	भ	••——
घ	—••••—	म	••——••
ङ	•—••—••—	य	—•——
च	—•—•	र	•—•
छ	—•••—	ल	•—••
ज	•———	व	•••—
झ	——••	श	——•——
ञ	—————	ष	••———
ट	•———•	स	•••
ठ	•••—•	ह	••••
ड	—••—•	ळ	••••—
ढ	—••—••	क्ष	—••—
ण	—••••	ज्ञ	—•——•
त	••—		
काना	—	वरचा रकार	••
वेलांटी	—••	खालचा रकार	••••

उकार — •
मात्रा • —
अनुस्वार •
विसर्ग • • — — • —
रेफ • • • • • •
जोडाक्षराची खूण — —

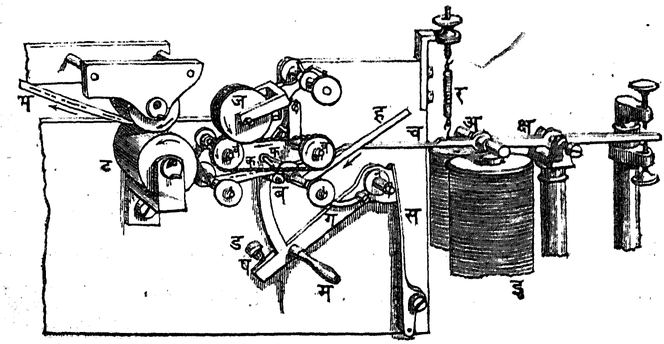
"हीं चिन्हें पाठविण्याची रीति.—प्रथम अक्षर द्यावें, नंतर काना, नंतर वेलांटी; नंतर उकार, नंतर मात्रा, अनुस्वार आणि विसर्ग द्यावे, असा साधारण नियम ठेवावा. जोडाक्षर देणें असेल तेव्हां अगोदर जोडाक्षराची खूण द्यावी आणि जोडाक्षरांत ज्या अक्षराचा उच्चार प्रथम होत असेल तें द्यावें, नंतर दुसरें द्यावें, ह्याप्रमाणें जितकीं अक्षरें जोडणें असतील तितकीं जोडून शेवटीं पुनः जोडाची खूण द्यावी. ऱ्हस्व दीर्घाचा नियम असा ठेवावा, कीं, ऱ्हस्व वेलांटी असली तर वेलांटीची खूण एकदां द्यावी आणि दीर्घ असल्यास ती दोनदां द्यावी; ह्याचप्रमाणें उकार व मात्रा ह्यांविषयीं समजावें. उदाहरण—**कौ** हें अक्षर देणें असेल त्या वेळेस अगोदर **क** देऊन नंतर काना द्यावा, आणि शेवटीं दोन मात्रा द्याव्या. सबंध शब्द देण्याघेण्यास कठीण पडला तर त्याचीं अक्षरें तोडून द्यावीं आणि दर अक्षरानंतर घेणारानें **समजलों** ह्मणून एक बिंदूची खूण द्यावी, आणि अक्षर समजलें नसल्यास उगीच बसावें ह्मणजे देणारानें तोच शब्द पुनः द्यावा. उदाहरण.—**नारायण** हा शब्द एकदम द्यावा, परंतु तसें करण्यास अवघड पडेल त्या वेळेस **ना. रा. य. ण.** ह्याप्रमाणें द्यावा. तसेंच **स्त्र** हें जोडाक्षर देणें असेल त्या वेळेस प्रथम जोडाची खूण देऊन **स,** नंतर **त** आणि नंतर **र** देऊन जोडाची खूण द्यावी, नंतर कांहीं काना मात्रा देणें असल्यास ती द्यावी. अंक व विरामचिन्हें इंग्लिशभाषेंत आहेत त्यांचाच उपयोग करावा. अक्षरें सरून अंक आले ह्मणजे आरंभीं आणि शेवटीं • • • • • • • • • ही खूण द्यावी."

११९. साउंडरः—तारआफिसांत जेव्हां बातमी येते, तेव्हां ज्या खुणा येतात, त्या खुणा किती जलद व बरोबर तारमास्तर टिपून घेतो, हें पाहून तेथें असलेल्या प्रत्येक मनुष्यास फार आश्चर्य वाटतें. तेथील लोकांस रस ह्या-त्यानें विद्युचुंबकावर त्यावरील उचालकाचें लोखंडी टोंक आदळून जे ध्वनि उमटतात, त्या ध्वनींवरूनच एकदम बातमी लिहून घेतां येते.

याकरितां केवळ ध्वनीनेंच बातमी टिपून घेतां येण्याकरितां अमेरिकेंत ज्या यंत्राचा शोध लागला, तेंच यंत्र हल्लीं चहूंकडे उपयोगांत येत चाललें आहे. या यंत्रास **साउंडर (ध्वनिजनक यंत्र)** ह्मणतात, व हें यंत्र एक लहानसा विद्युच्चुंबक एबनाइटच्या बैठकीवर बसवून आकृति १५६ मध्यें दाखविलेल्या टप्प्याच्या विद्युच्चुंबकासारखें केलेलें असतें. चुंबकावरील लोखंडी तुकडा उच्चालकाच्या एका टोंकास लाविलेला असून त्यास चुंबकापासून कांहीं अंतरावर कमानीनें ठेवलेलें असतें. विद्युच्चुंबकाच्या द्वारें प्रवाह गेला ह्मणजे हा तुकडा किंवा धारक चुंबकानें आकर्षिला जाऊन तीक्ष्ण असा आवाज होतो, आणि प्रवाह तुटतांच कमानीनें धारक वर उचलला जातो. ह्मणून बातमी पाठविणाराच्या इच्छेप्रमाणें निरनिराळ्या ध्वनींमध्यें जास्त कमी वेळ जाऊं देऊन आंखूड व लांब ध्वनि उत्पन्न करितां येतात, आणि या आंखूड व लांब ध्वनींचा मार्स याच्या मूळाक्षरांतील बिंदु व रेषा याप्रमाणें अनुक्रमें अर्थ समजतात.

१२०. मार्स याच्या तारायंत्रांतील सुधारणा:—मागें कागदावर खुणा उठविण्याच्या यंत्राचें जें वर्णन केलें, त्यांत कागदावर पेन्सिलींच्या ज्या बिंदु व रेषा यांच्या खुणा उठतात, त्या प्रवाह फार जोराचा नसला तर अस्पष्ट व अंधक असतात. ही गैरसोय नाहींशी व्हावी, व फार शक्ति खर्च होऊं नये, ह्मणून या यंत्रांत असे फेरफार करण्यांत आले आहेत कीं, खुणा शाईनेंच कागदावर उठाव्या. हें सिद्धीस नेण्याकरितां बाकी भाग तसेच ठेवून यंत्रांत फक्त खालीं लिहिलेला फेरफार केलेला आहे:—

आ० १५४.



आकृति १५४ मधील ज या रुळावर योग्य अशा शाईनें भिजविलेला फलालीनचा तुकडा गुंडाळतात. या रुळाच्यावर लागूनच व, वं या दोन कप्प्यांवरून गेलेला सांखळीसारखा एक सलग पट्टा आहे. ज्या चक्रांच्या गतीनें पह कागद पुढें सरतो, त्याच गतीनें व,वं या कप्पाही फिरतात. ज्या कागदावर खुणा उठवावयाच्या तो कागद ब या रुळानें अगदीं सांखळीनजीक पण तिला न लागलेला असा ठेविलेला असतो. एवढ्या गोष्टी समजल्या म्हणजे शाईनें कशा खुणा उठतात, हें समजेल. विद्युच्चुंबकांत प्रवाह गेला म्हणजे अ हा लोखंडीधारक आकर्षिला जाऊन उच्चालकाची च भुजा खालीं जाते, आणि हिच्या टोंकास लाविलेला फ हा टांक पट्ट्यावर टेंकतो, आणि कागदाच्या संनिध येतो. रुळावरील कपड्याची जी शाई या पट्ट्यास लागते, ती पट्ट्यांतून टांकांत उतरते. आणि टांकास लागून कागद जसा पुढें सरतो त्याप्रमाणें कागदावर, विद्युत्प्रवाह जास्त कमी वेळ जाईल, त्या मानानें कागदावर बिंदु व रेषा उठतात.

१२१. विजेचा वाहक:—तारायंत्राच्या ज्या भागांचें वर वर्णन केलें, त्यांशिवाय आणखी ३ भाग असतात, त्यांचें थोडक्यांत वर्णन केलें पाहिजे. ते तीन भाग **विजेचा वाहक, सूचक घंटा** आणि **टप्प्याचा चुंबक** हे होत.

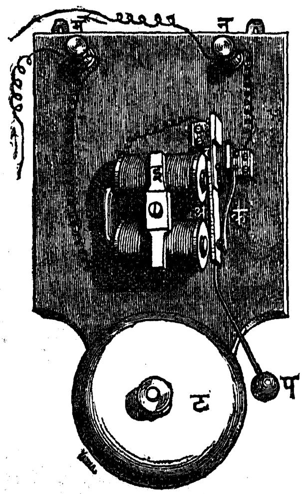
वादळाच्या दिवसांत ढगांमध्यें जी विद्युत् जमते, तिच्या योगानें बातमी पाठविणाऱ्या तारेंतील स्वाभाविक विद्युत् पृथग्भूत होऊन कधीं कधीं तारेमध्यें बऱ्याच जोराची विद्युत् प्रवर्तनानें उत्पन्न होते; तिच्या योगानें बातमी पाठविण्यास अडथळा होतो, इतकेंच नाहीं, परंतु कधीं कधीं भयंकर ठिणग्या निघतात. ह्या अडचणी दूर कराव्या म्हणून तारायंत्रास विजेचे वाहक जोडलेले असतात.

आ० १४९।१५० यांमध्यें म ठिकाणीं विजेचे वाहक दाखविले आहेत. एक उभी बैठक असून करवतासारखे तिजवर कात्रे पाडलेले असे दोन तांब्याचे पत्रे असून त्यांस एकमेकांजवळ अशा रीतीनें बसविलेलें असतें कीं, त्यांचे दांत अगदीं एकमेकांजवळ असतात, परंतु एकमेकांस लागलेले मात्र नसतात. यांपैकीं एक पत्रा जमिनीशीं जोडलेला असतो, व दुसरा मार्गाच्या तारेशीं जोड-

लेला असतो. ह्मणून ढगांतील विजेच्या प्रवर्तक कार्यानें मार्गाच्या तारेंत व यंत्रांत वीज जमली, तर ती या पऱ्यांच्या दांतांच्या टोंकांतून त्या जवळच्या जमिनीस जोडलेल्या दुसऱ्या पऱ्याच्या दांतांच्या टोंकांत जाते, आणि येणेंकरून मोठ्या ठिणग्या उत्पन्न होण्याचें भय टळतें.

१२२. सूचक विद्युद्घंटाः—अमक्या वेळीं बातमी पाठविणार असा विवक्षित ठिकाणच्या मनुष्यास इशारा देण्याकरितां विद्युद्घंटेचा उपयोग करितात. ही घंटा आकृति १५५ मध्यें दाखविली आहे. एका लांकडी फळीवर **इ** या पितळी तुकड्यानें नालाच्या आकाराचा एक लहानसा विद्युच्चुंबक बसविला आहे. मार्गाच्या तारेंतून आलेला प्रवाह फळीवरील **म** या स्क्रूमधून विद्युच्चुंबकाच्या तारेंत जातो; आणि तेथून **अ** या धारकांत, नंतर या धारकावर टेंकलेल्या **क** पोलादी कमानींत आणि अखेरीस कमानींतून **न** या फळीवरील दुसऱ्या स्क्रूमध्यें येतो.

आ० १५५.



यप्रमाणें जेव्हां मार्गाच्या तारेंतील प्रवाह विद्युच्चुंबकांत येतो, तेव्हां **अ** धारक आकर्षिला जाऊन त्यास जोडलेला **प** लोळा **ट** या घंटेवर आदळतो, आणि घंटा वाजते. लोळा घंटेवर आदळतांच **क** या कमानीपासून **अ** या धारकाचा संबंध तुटतो, व प्रवाह बंद होतो. प्रवाह बंद होतांच विद्युच्चुंबक धारकास आकर्षीत नाहीं, यामुळें धारकास जोडलेल्या **इ** कमानीनें तो मागें ओढला जाऊन मूळच्या स्थितींत येतो.

मागें येतांच प्रवाह पुनः विद्युच्चुंबकांत जातो. चुंबक धारकास आकर्षण करितो, व घंटेवर **प** लोळा आदळतो. याप्रमाणें तारआफिसांतील कारकुनास

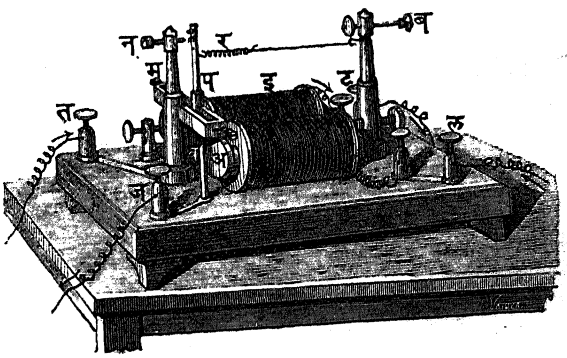
याकरितां **म, न** ...

म स्क्रूत आलेला प्रवाह थेट **न** स्क्रूत व त्यांतून ग्राहकयंत्रांत घालवितो.

टप्प्याचा चुंबकः—हा वेळपर्यंत जें वर्णन केलें त्यांत असें आपण समजत गेलों कीं **अ** या मार्गाच्या तारेंतून दूरच्या ठिकाणाहून आलेला विद्युत्प्रवाहच **इ** विद्युच्चुंबकांत एकदम शिरला व त्यानें **म** या धारकास एकदम आकर्षण करून खुणा उत्पन्न केली. (आ. १४४ पहा). परंतु प्रवाहास फार मैल लांबीच्या तारेंतून यावयाचें असतें, तेव्हां तारेच्या प्रतिबंधामुळें व विद्युत्स्थापक पदार्थांच्या-शोषणामुळें प्रवाहाचा जोर कमी होतो, आणि त्यामुळें कागदावर खुणा उठण्याजोग्या जोरानें धारकास आकर्षण करण्याजोगा जोर त्या प्रवाहानें विद्युच्चुंबकाच्या अंगीं येत नाहीं. ह्मणून प्रत्येक ठिकाणीं एक टप्प्याचा ह्मणजे साह्यकारी विद्युच्चुंबक ठेवितात. याचा उपयोग असा होतो कीं यांत मार्गाच्या तारेंतून जो प्रवाह येतो, त्याच्या योगानें चार किंवा पांच चक्रांच्या स्थानिकमालेचा प्रवाह ग्राहकयंत्रांत जातो, व येणेंकरून तारेंतून आलेल्या खुणा छापण्यास मात्र ह्विचा उपयोग होतो.

याकरितां मार्गाच्या तारेंतून आलेला प्रवाह **ल** या स्क्रूनें टप्प्याच्या **इ** या विद्युच्चुंबकांत जाऊन तेथून दुसऱ्या **ट** या स्क्रूनें पृथ्वींत जातो (आ० १५६).

आ० १५६.

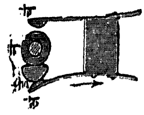


आतां प्रत्येक वेळीं मार्गाच्या तारेंतील प्रवाह टप्प्याच्या चुंबकांत गेला, ह्मणजे आडव्या आंसावर हेलकावे खाणाऱ्या **प** या उभ्या उच्चालकाच्या बुडास लावलेल्या **अ** या धारकास विद्युच्चुंबक आकर्षण करितो.

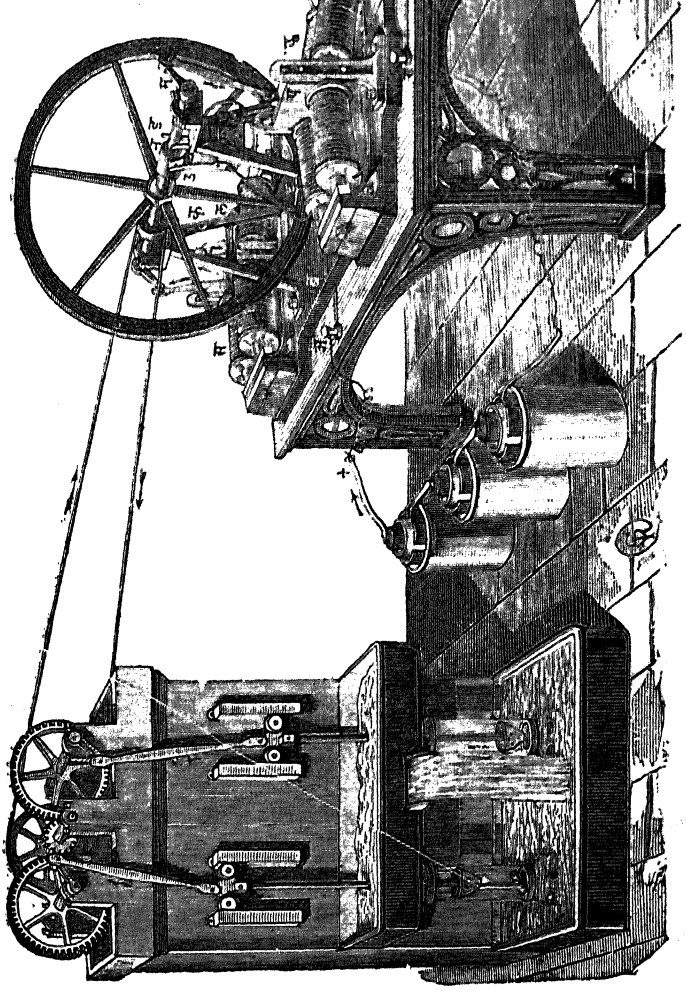
याप्रमाणें उच्चालकाचें खालचें टोंक आकर्षित होतांच त्याचा वरचा माथा बाहेरच्या बाजूस सरून **न** या बटनावर आदळतो. असें होतांच स्थानिकमालेचा प्रवाह **त** या स्क्रूनें येऊन **म** या खांबांत चढतो, व त्यांतून **न** या खुंटीनें **प** या उच्चालकांत जातो. आणि त्यांतून **व** या दांड्यानें खालीं उतरून **ज** या दुसऱ्या स्क्रूमधून पुनः स्थानिकमालेच्या ऋणध्रुवांस मिळून मंडल पुरें होतें. याप्रमाणें जेव्हां मार्गाच्या तारेंतील प्रवाह बंद पडतो, तेव्हां **इ** हा टप्प्याचा विद्युच्चुंबक कार्य करीत नाहीं, आणि **प** हा उच्चालक **र** या कमानीनें **न** बटनापासून आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें दूर होतो, आणि याकरितां स्थानिकमालेंतील प्रवाह चुंबकांत जात नाहीं. याकरितां बातमी पाठविण्याच्या किल्लीनें ज्याप्रमाणें प्रवाह जातो, व तुटतो, त्याचप्रमाणें ग्राहकांत या टप्प्याच्या चुंबकानें प्रवाह जातो किंवा तुटतो.

१२३. विद्युच्चुंबकयंत्रें:—विद्युच्चुंबकाच्या आकर्षक प्रेरणेचा चालकशक्ति उत्पन्न करण्यास उपयोग करतां यावा ह्मणून पुष्कळ पदार्थविज्ञानशास्त्रवेत्त्यांनीं यत्न केले. **सेंटपीटर्सबर्ग** येथील **जेकोबी** यानें या जातीचें यंत्र प्रथमतः केलें, आणि सन १८३८ सालीं बारा मनुष्यें बसलेली एक लहान बोट **नीव्हा** या नदींत चालवून दाखविली. त्या वेळेपासून या यंत्राच्या रचनेंत फार फेरफार झाले, परंतु त्या सर्वांमध्यें जस्त व आसिडें यांचा जो खर्च होतो, तो तेवढ्याच शक्तीच्या वाफेच्या यंत्राच्या खर्चाहून जास्त असे. ह्मणून रसायनजन्यविद्युन्मालेनें चालणारीं विद्युच्चुंबक यंत्रें कमी खर्चांत कधीं चालवितां येतील ही गोष्ट शक्य दिसत नाहीं.

आ० १५७.



आ० १५८.



दिसत आहे. हा तुकडा **इ, फ** या विद्युच्चुंबकांनीं आकर्षिला जाऊन संधायक दांड्याच्या योगानें **म** अर्यांकास[1] गति मिळते. हा एका आडव्या आंसाच्या टोंकावर पक्का बसविलेला आहे. या आंसावर वाफेच्या यंत्राच्या गतिचक्रासारखें एक गतिचक्र[1] गच्च बसविलेलें असून त्यानें गरगरां फिरण्याची गति नियमित चालते. ह्या आंसावर थोड्या जास्त व्यासाचा **न** हा एक धातूचा गोल तुकडा आहे. त्याचें कार्य कसें घडतें हें खालीं सांगितलें आहे.

विद्युन्मालेचा प्रवाह **अ** स्क्रूंत येऊन **ब** या ओतींव लोखंडी बैठकींत जातो, व तींतून अनेक जोडाजोडीनें धातूच्या **न** तुकड्यांत शिरतो. तेथून प्रवाह आळीपाळीनें **इफ** आणि **सल** या विद्युच्चुंबकांच्या दोन जोड्यांत गेला पाहिजे. हा प्रवाहाचा मार्ग आळीपाळीनें कसा बदलतो हें समजण्यासाठीं आकृतीच्या उजव्या बाजूस जी छोटी आकृति १५७ आहे तिजकडे पहा. या आकृतींत **न** तुकड्याचें छिन्न व त्याची जोडाजोड दाखविली आहे. ह्या तुकड्यावर **इ** हा एक तुकडा पुढें आलेला आहे, व यास क्याम (Cam) ह्मणतात. याचा एक पूर्ण फेरा झाला, ह्मणजे पाळीपाळीनें **अ** आणि **ब** या दोन दोहों बाजूंच्या कमानींस स्पर्श करितो. या कमानींनीं विद्युच्चुंबकांत प्रवाह जातो, व त्याची दिशा तिराच्या टोंकांनीं दाखविली आहे. सर्व तीर प्रवाहाची दिशा दाखवीत नाहींत, परंतु यंत्राच्या निरनिराळ्या तुकड्यांच्या गतीची दिशा दाखवितात.

हा तपशील समजला, ह्मणजे असें दिसून येईल कीं, प्रवाह आलटून पालटून **अ** आणि **ब** या दोन कमानींमध्यें जातो, व तेथून **इफ** आणि **सल** या दोन विद्युच्चुंबकांत जातो. **प** हा लोखंडी धारक प्रथमतः आकर्षिला जातो, आणि नंतर गतिचक्राच्या आंसाच्या दुसऱ्या टोंकावर बसविलेला असलाच

---

१ या दोहोंचें वर्णन उष्णताशास्त्र प्रकरण ८ यांत वाफेच्या यंत्राच्या वर्णनांत केलेलें आहे तें पहा.

दुसरा धारक आकर्षिला जातो. याप्रमाणें सलग वर्तुळाकार गति उत्पन्न होऊन एका सलग चामड्याच्या पट्टयानें चक्रांच्या मालिकेंस पोंचते, व त्याच्या योगानें दोन पाणी चढविण्याचे बंब चालतात. किंवा ही गति दुसऱ्या एखाद्या यंत्रासही देतां येते.

प्रकरण १२ वें.

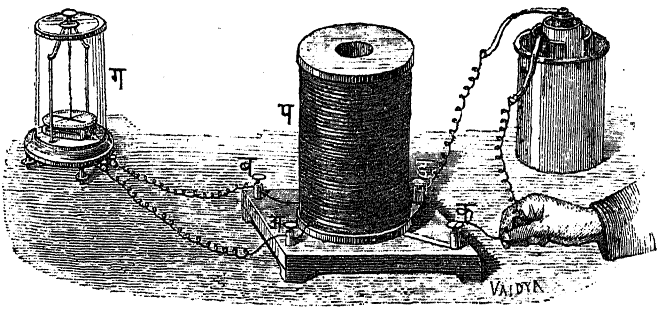
विद्युत्प्रवाहाचें प्रवर्तन.

१२४. **विद्युत्प्रवाहानें प्रवर्तनः**—स्वाभाविक स्थितींत असलेल्या पदार्थावर कांहीं अंतरावर असलेल्या विद्युज्जागृत पदार्थानें जें कार्य घडतें त्यास **प्रवर्तन** ह्मणतात असें मागें सांगितलें आहे (क० २७). मागें विद्युत्स्थितिशास्त्रांतील प्रवर्तनाचा विचार केला. गतिविशिष्ट विद्युल्लतेचे परिणाम त्याच प्रकारचे घडतात हें आतां दाखवूं.

या जातीच्या परिणामाचा शोध **फारेडे** यानें सन १८३२ सालीं लाविला. विद्युत्प्रवाह ज्या वाहकांतून वाहात आहे अशा वाहकाच्या प्रवर्तनानें, किंवा शक्तिमान अशा चुंबकाच्या किंवा भूचुंबकाच्या प्रवर्तनानें धातूच्या वाहकांत जे क्षणिक प्रवाह उत्पन्न होतात त्यांस त्यानें **प्रवर्तनाचे प्रवाह** किंवा **प्रवर्तित प्रवाह** असें नांव दिलें; आणि ज्या प्रवाहांच्या योगानें हे उत्पन्न होतात त्यांस **प्रवर्तक प्रवाह** असें नांव दिलें.

दोन भिन्न तारा गुंडाळलेलें वेटाळें घेऊन त्यांपैकीं एकाच्या तारेंत प्रवाह सोडतांना व प्रवाह बंद करितांना त्या प्रवाहाचें जें प्रवर्तक कार्य दुसऱ्या तारेवर घडतें तें दाखवितां येतें. लांकडी रुळाच्या तुकड्यावर, किंवा जाड पुठ्याचा कागद नळीसारखा गुंडाळून केलेल्या नळीवर रेशमानें मढविलेली तांब्याची जाड तार गुंडाळावी, आणि तारेसकट नळीस एका लांकडी बैठकीवर बसवून तिजवरील **क, ड** या स्क्रूंस गुंडाळलेल्या जाड तारेचीं शेवटें जोडावीं (आ० १५९ पहा). नंतर यावर याहून पुष्कळ लांब अशी रेशमानें मढविलेली फार

आ० १५९.



बारीक तार गुंडाळावी. या दुसऱ्या वेटाळ्यास **गौण वेटाळें** ह्मणतात. या तारेचीं दोन शेवटें बैठकीवरील डावीकडील **अ, ब** या दोन स्क्रूंस जोडावीं आणि **व** या विद्युन्मापकाच्या दोन तारा याच दोन स्क्रूंस जोडाव्या. आंतील जाड तारेच्या वेटाळ्यास **मुख्य वेटाळें** ह्मणतात, व त्याच्या तारेचीं टोंकें **क, ड**, या दोन स्क्रूंस जोडलेलीं आहेत. या दोन स्क्रूंस विद्युदुत्पादकमालेचे दोन ध्रुव जोडले, ह्मणजे फक्त जाड तारेच्या वेटाळ्यांत मात्र प्रवाह जातो, आणि खालीं लिहिलेले परिणाम घडतातः—

(१) ज्या वेळीं जाड तारेंत विद्युत्प्रवाह जातो, तेव्हां विद्युन्मापकांतील कांटा आपलें स्थान सोडतो. यावरून दुसऱ्या किंवा गौण वेटाळ्यांत मुख्य वेटाळ्यांतील प्रवाहाच्या उलट दिशेनें वाहणारा प्रवाह उत्पन्न झाल्याचें सिद्ध होतें. हा प्रवाह क्षणिक असतो. कारण चुंबककांटा लागलाच शून्यावर येतो, आणि जोंपर्यंत प्रवर्तक प्रवाह जाड तारेंत सारखा जात राहतो, तोंपर्यंत कांटा शून्यावरच राहतो.

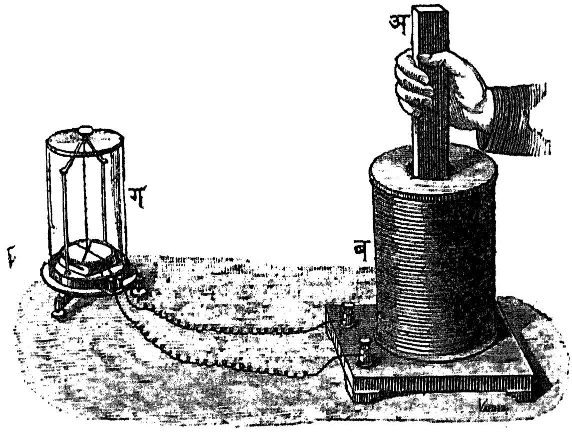
(२) प्रवाह तोडतांच ह्मणजे जाड तारेच्या आंतील वेटाळ्यांत प्रवाह जाण्याचें बंद करितांच बाहेरील वेटाळ्यांत पूर्वींप्रमाणेंच क्षणिक पण मूळ प्रवाहाच्या दिशेंतच वाहणारा असा प्रवाह प्रवर्तित होतो.

१२५. चुंबकानें व पृथ्वीच्या कार्यानें प्रवर्तनः—प्रवाहाच्या कार्यानें पोलादी कांबींत चुंबकत्व येतें, असें आपण मागें पाहिलें. त्याचप्रमाणें

फ्यारडे यानें प्रथमतः

आकृति १६० मध्यें दाखविल्याप्रमाणें **ग** विद्युन्मापकास जोडून जोराचें चुंब-

आ० १६०.



कत्व असलेल्या **अ** चुंबककांबीचा शेवट एकाएकीं वेटाळ्यांत घातला, तर खालीं लिहिल्याप्रमाणें परिणाम दृष्टीस पडतातः—

(१) चुंबक वेटाळ्यांत घालतांच विद्युन्मापकांतील कांटा वळतो, व त्यावरून वेटाळ्याच्या तारेंत उलट प्रवाह उत्पन्न झाल्याचें सिद्ध होतें. ह्मणजे **अम्पियर** याच्या कल्पनेप्रमाणें चुंबक ही प्रवाहनलिका (सोलेनाइड) आहे, असें समजल्यास, चुंबकाभोंवतीं जो विद्युत्प्रवाह फिरत असतो, त्याच्या उलट या प्रवाहाची दिशा असते.

(२) परंतु कांटा तत्काळ ० वर येतो, आणि जोंपर्यंत वेटाळ्यांत चुंबक असतो, तोंपर्यंत तसाच राहतो. परंतु वेटाळ्यांतून चुंबक बाहेर काढतांच विद्युन्मापकांतील कांटा शून्यावरून पूर्वीच्या उलट बाजूस वळतो; व यावरून

चुंबकाभोंवतीं वाहणाऱ्या प्रवाहाच्या दिशेंतच वाहणारा क्षणिक प्रवाह उत्पन्न झाल्याचें सिद्ध होतें.

चुंबकाचें प्रवर्तक कार्य खालीं लिहिलेल्या प्रयोगानेंही दाखवितां येतें:— धावडी लोखंडाची एक कांब किंवा धावडी लोखंडाच्या तारांची जुडी वरील वेटाळ्यांत घालून एका जोरदार चुंबकाचा उत्तरध्रुव एकाएकीं जुडीच्या टोंकास लाविला, तर विद्युन्मापकांतील कांटा स्थान सोडतो, परंतु लागलाच परत शून्यावर येतो, आणि चुंबक जुडीस लागलेला असेपर्यंत तेथेंच राहतो. परंतु चुंबक दूर नेतांच कांटा उलट दिशेस वळतो, व पुनः शून्यावर येतो. हाच प्रयोग दक्षिणध्रुव जुडीजवळ आणून केला असतां असेच परिणाम घडतात; मात्र प्रवर्तित प्रवाहांच्या दिशा उलट असतात. या ठिकाणीं वेटाळ्यांतील धावडी लोखंड चुंबकानें चुंबित होऊन त्याचें प्रवर्तक कार्य घडतें.

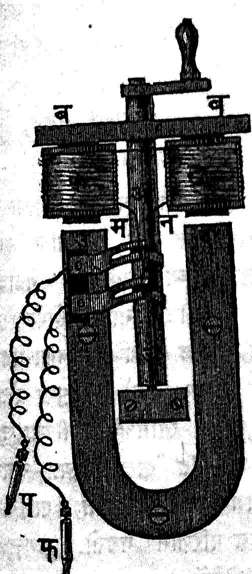
फ्यारेडे यानें असा शोध लाविला कीं, धातूचे पदार्थ गतिविशिष्ट असतां त्यांमध्यें भूचुंबनानें प्रवर्तित प्रवाह उत्पन्न होतात. पृथ्वीच्या पोटांत एक मोठा शक्तिमान् चुंबक कलत्या चुंबककांट्याच्या दिशेंत ठेविल्याप्रमाणें, किंवा **अम्पियर** याच्या कल्पनेप्रमाणें चुंबकविषुववृत्ताशीं समांतर पूर्वेकडून पश्चिमेकडे अनेक विद्युत्प्रवाह गेल्यासारखें भूचुंबकाचें कार्य घडतें. कलत्या कांट्याशीं समांतर चुंबकयाम्योत्तराच्या पातळींत रेशमानें मढविलेल्या तांब्याच्या तारेचें लांब वेटाळें ठेवून हें त्यानें प्रथमतः सिद्ध केलें. या वेटाळ्यास त्याच्या मध्यभागीं असलेल्या आंसावर त्याच्या लांबीशीं लंब अशा दिशेंत फिरवून त्यानें असें दाखविलें कीं, या वेटाळ्याचीं टोंकें विद्युन्मापकास जोडलीं असतां दर फेऱ्यास मापकांतील कांटा स्थान सोडतो.

१२६. चुंबक विद्युद्यंत्रें:—वरच्या कलमांत (१२५) जर आपणास अशी योजना करितां आली कीं, तेणेंकरून **व** वेटाळ्यांत **अ** चुंबकास फार जलद व नियमित वेळानें घालतां आलें व त्यांतून बाहेर काढतां आलें, आणि वेटाळ्याच्या तारेचीं दोन्हीं टोंकें साक्षात् किंवा मध्यें विद्युन्मापक घेऊन जोडिलीं, तर तारेच्या मंडलांत एकामागून एक असे परस्पर उलट दिशांनीं वाहणारे अनेक प्रवाह उत्पन्न होतील. असें न करितां चुंबक स्थिर ठेवून वेटाळ्यास त्याजवळ नेलें, तरी परिणाम तोच घडेल, ह्मणजे एका विवक्षित

व मागील प्रयोगांत
प्रवाह उत्पन्न होतात.

या प्रयोगांवरच **चुंबक-विद्युद्यंत्राची** रचना बसविलेली आहे. दवाखान्यांत ज्या यंत्राचा उपयोग करितात, तसल्या साध्या आकाराचें यंत्र आ० १६१ मध्यें दाखविलें आहे, व त्यावरून याचे मुख्य भाग समजतील, व विद्युत्प्रवाह कसे उत्पन्न होतात हेंही सोयीनें दाखवितां येईल. **उ, द** हा एक नालाच्या आकाराचा चुंबक एका पेटीच्या बाजूंत आडवा बसविलेला असतो. एकाच घन कांबीचा चुंबक न करितां नालाच्या आकाराचे अनेक पत्रे एकावर एक जोडून हा बहुधा केलेला असतो. **उ, द** या ध्रुवांच्या समोर **क, ड** हीं दोन धावडी लोखंडाच्या छोट्या तुकड्यांभोंवतीं मढविलेली बारीक तार गुंडाळून केलेलीं वेटाळीं आहेत, व त्या दोहों वेटाळ्यांतील लोखंडी तुकड्यांस **ब, ब** या धावडी लोखंडाच्या पट्टीनें पक्कें जोडलें आहे. **अ, अ** या आंसास एक मूठ लाविलेली आहे, व त्या मुठीनें **उ, द** या ध्रुवांसमोर वेटाळ्यास हवें तितकें जलद फिरवितां येतें. दोहों वेटाळ्यांवरील तारांचीं टोंकें वरच्या अंगास परस्परांस एकत्र जोडलेलीं आहेत, व दुसरीं **म, न** टोंकें त्रिशूळाच्या आकाराच्या दोन कमानींस जोडलेलीं आहेत. या कमानी एबनाइटच्या तुकड्यानें मुख्य चुंबकावर चुंबकास स्पर्श न करण्याजोग्या अलग बसविल्या आहेत, व जीं त्यांचीं दोन टोंकें मधल्या आंसावर दाबतात, त्या ठिकाणींही एबनाइटचे तुकडे बसवून त्यांस एकमेकांपासून अलग ठेविलेलें आहे. या दोन कमानींस दोन

आ० १६१.



होतें, व त्या मंडलांतून जे प्रवाह वाहतात, त्यांनीं मनुष्यास धक्के बसतात.

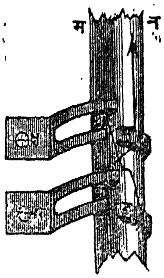
यांत वीज कशी उत्पन्न होते, याचा विचार करण्याकरितां प्रथमतः असें समजूं कीं, दुसरें वेटाळें मुळींच नाहीं, किंवा त्याचें कार्य बिलकुल होत नाहीं. फक्त एकच **क** वेटाळें **उ** ध्रुवासमोर गरगरां फिरत आहे, व तसें फिरतांना तें दर फेऱ्याचे वेळीं **उ** ध्रुवाजवळ येतें, व त्यापासून दूर जातें. तेणेंकरून **उ** ध्रुवाजवळ जेव्हां वेटाळें येतें, तेव्हां त्याच्या प्रवर्तनानें वेटाळ्यांतील लोखंडी तुकड्यांत चुंबकत्व येतें, आणि वेटाळें दूर गेलें ह्मणजे चुंबकत्व नाहींसें होतें. जेव्हां चुंबकत्व येतें, तेव्हां त्यासभोंवतालच्या तारेंत एका दिशेनें वाहणारा क्षणिक प्रवाह उत्पन्न होईल, आणि वेटाळें दूर गेलें ह्मणजे त्याच्या उलट, परंतु चुंबकाभोंवतालच्या प्रवाहाच्या दिशेंत वाहणारा प्रवाह उत्पन्न होईल.

क वेटाळें फिरण्यास आरंभ होण्यापूर्वीं **उ** ध्रुवासमोर असेल, व त्या वेळीं वेटाळ्याच्या तारेंत प्रवाह असणार नाहीं. परंतु त्यास गति मिळतांच अर्ध्या फेऱ्यांत **उ** ध्रुवापासून तें दूर जाईल. तेव्हां **उ** ध्रुवाच्या प्रवर्तनानें वेटाळ्यांतील लोखंडी कांबींत प्रवर्तित झालेलें चुंबकत्व कमी होऊन नाहींसें होईल. असें होतांच त्या सभोंवतालच्या वेटाळ्याच्या तारेंत, सरळ ह्मणजे चुंबकाभोंवतालच्या प्रवाहाच्या दिशेंत वाहणारा प्रवाह उत्पन्न होईल. अर्धा फेरा पुरा होतांच जर हें वेटाळें दुसऱ्या एका **उ** ध्रुवापुढें आलें, तर त्यामध्यें पूर्वीच्या उलट दिशेनें वाहणारा प्रवाह प्रवर्तित होईल. परंतु आकृतींत दाखविलेल्या रचनेंत अर्ध्या फेऱ्याच्या शेवटीं विजातीय अशा **द** ध्रुवाजवळ वेटाळें जातें, ह्मणून **उ** ध्रुवापासून दूर गेल्यानें जो परिणाम घडतो, तोच परिणाम घडतो. ह्मणून **क** वेटाळ्याच्या दर अर्ध्या फेऱ्यांत एकाच विवक्षित दिशेनें वाहणारा प्रवाह उत्पन्न होतो. आणि बाकी अर्ध्या फेऱ्यांत **ड**पासून **अ**कडे येतांना तेवढ्याच जोराचा पण उलट दिशेनें वाहणारा प्रवाह उत्पन्न होतो.

जें एका वेटाळ्याविशीं सांगितलें, तेंच दुसऱ्या **ड** वेटाळ्यासही लागू आहे. दोहों वेटाळ्यांवर अशा रीतीनें तार गुंडाळलेली असते कीं, प्रत्येक अर्ध्या

ह्मणून वेटाळ्यांचा एक पूर्ण फेरा झाला ह्मणजे सारख्या जोराचे पण आळीपाळीनें विरुद्ध दिशांनीं वाहणारे असे दोन प्रवाह उत्पन्न होतात. प्राण्यांस धक्के देण्यास, तारा वगैरे उष्ण करण्यास व प्रकाश पाडण्यास वगैरे किल्येक कामांकरितां असे उलट सुलट प्रवाह चालतात. परंतु मुलामा करण्याच्या कृतीसारख्या ज्या किल्येक कृतींत एकाच दिशेनें वाहणाऱ्या सलग प्रवाहाची जरूर असते, तेथें या उलट सुलट वाहणाऱ्या प्रवाहांच्या दिशा एकाच दिशेस याव्या, याकरितां कांहीं विशेष योजना करावी लागते. आकृति १६२ मध्यें दाखविल्या सारख्या **परिवर्तकानें** हें सिद्धीस नेतात (आ० १६२ पहा). ज्या **अ अ** आंसावर वेटाळीं फिरतात, त्यावर त्यापासून व

आ० १६२.

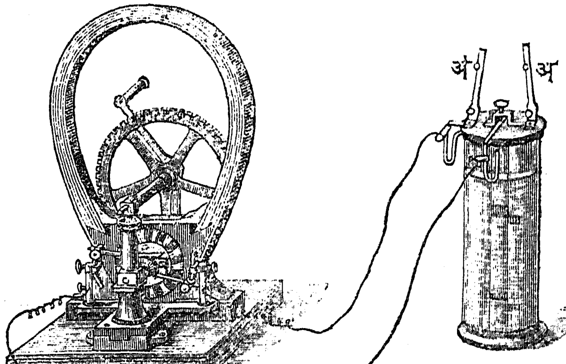


परस्परांपासून विद्युत्स्थापक पदार्थांनीं अलग केलेले धातूचे अर्ध वर्तुळाकार चार तुकडे आंसाच्या एका बाजूस दोन, व दुसऱ्या बाजूस दोन बसविलेले असतात; आणि वेटाळ्याच्या तारेचीं **म, न** टोंकें यांस जोडतात. प्रवाह बाहेरं नेण्यास **क्ष, य,** हे पत्रे असून प्रत्येकास दोन कमानीचे तुकडे असतात. ते इतके वर असतात कीं, आंसावरील कंकणें त्यांखालीं आलीं, तर मात्र त्यांचा त्यास स्पर्श होतो; नाहीं तर ते आंसापासून अलग राहतात. **म** टोंक **अ** आणि **ड** तुकड्यांस आणि **न** टोंक **ब, क** तुकड्यांस अशीं जोडलेलीं असतात. **म, न** टोंकांतून आलटून पालटून धन आणि ऋण प्रवाह वाहतात. ह्मणजे **म**तून धन वाहतो, तेव्हां **न**तून ऋण वाहतो, आणि **न**तून धन वाहतो, तेव्हां **म**तून ऋण वाहतो. जेव्हां **म**तून धनप्रवाह येईल, तेव्हां **अ**तून धन जाईल आणि **क**तून ऋण जाईल. प्रवाह बाहेर नेण्याकरितां लावलेल्या **क्ष, य** पत्र्यांस लाविलेल्या कमानी **अ** आणि **क** या तुकड्यांवर दाबितात. ह्मणून **क्ष**पासून **य**कडे व तेथून ध्रुवांकडे प्रवाह जाऊन मंडल पुरें होईल. परंतु **क, ड** हीं वेटाळीं फिरत असतां आंसाची दुसरी

बाजू कमानींखालीं येईल व प्रवाहाच्या दिशा बदलतील. ह्मणजे **म**तून ऋण व **न**तून धन असे प्रवाह येऊं लागतील; अशा वेळीं **क्ष**ची दुसरी कमान **ब**वर आणि **य**ची दुसरी कमान **ड**वर याप्रमाणें दाबतील, आणि तेव्हांही **ब**मध्यें **न** मधून आलेला धनच प्रवाह **क्ष**तून वाहील, आणि **म**तून **ड**त आलेला ऋण प्रवाह **य**तून वाहील. ह्मणून या वेळीं ही प्रवाहाची दिशा **क्ष**पासून **य**कडे राहील.

१२७. ग्राम याचें चुंबकविद्युत् यंत्रः—ग्राम यानें एक सुधारलेलें चुंबकविद्युत् यंत्र शोधून काढिलें. विद्यार्थ्यांस शिकविण्याकरितां ज्या यंत्राचा उपयोग करितात, तसलें एक लहानसें यंत्र आकृति १६३ मध्यें दाखविलें आहे.

आ० १६३.



विलें आहे. यांत नालाच्या आकाराची एक थोरली चुंबकमाला आहे. पातळ असे अनेक पोलादी पत्रे घेऊन त्यांस वेगवेगळें चुंबकत्व देतात, आणि नंतर त्यांस एकत्र जोडून त्यांच्या टोंकांवर ध्रुवांसाठीं धावडी लोखंडाचे तुकडे बसवून ही चुंबकमाला करितात. हिच्या दोहों ध्रुवांमध्यें कंकणाच्या आकाराचा धारक किंवा प्रवर्तक असतो. हेंच या यंत्राचें मुख्य लक्षण होय. याचें तत्व

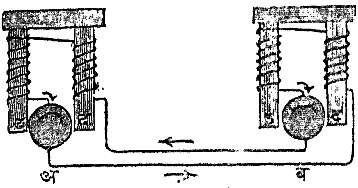
प्यासिनाटी यानें शोधून काढिलें, ह्मणून यास **प्यासिनाटीचें कंकण** असें ह्मणतात. या कंकणाचा परीघ धावडी लोखंडाच्या एकाच जाड तुकड्याचा नसून लांबच लांब बारीक लोखंडी तार पुनः पुनः कंकणाकार वळवून हें कंकण केलेलें असतें. या कंकणावर रेशमानें मढविलेली तार काटकोनाकार गुंडाळून अनेक भिन्न भिन्न वेटाळीं केलेलीं असतात. तीं आकृतींत काळीं व पांढरीं अशीं दाखविलीं आहेत. या कंकणाच्या मध्यांतून जाणाऱ्या आंसावर त्या बरोबर फिरणारी एक चकती असते. ती चकती धातूचे चपटे तुकडे व विद्युत्स्थापकाचे तुकडे असे आलटून पालटून ह्मणजे एक धातूचा तुकडा, जवळ विद्युत्स्थापकाचा, त्यापुढें पुनः धातूचा असे बसवून केलेली असते. परीघावरील वेटाळ्यांचें या चकतीच्या योगानें एक सलग वेटाळें बनतें. कारण चकतींतील प्रत्येक धातूच्या तुकड्यास प्रत्येक वेटाळ्याचें दुसरें टोंक व त्याजवळच्या वेटाळ्याचें पहिलें टोंक अशीं जोडलेलीं असतात. या चकतीवर **ब, ब** हे तारांच्या जुड्यांचे केलेले चपटे ब्रश दाबतात, व त्यांमध्यें वेटाळ्यांत उत्पन्न झालेली विद्युत् मध्यावरील चकतींतील धातूच्या तुकड्यांतून जाते, व त्या ब्रशांमधून तारांनीं बाहेर नेतां येते. ह्मणून या ब्रशांस **संचायक** ह्मटलें तरी चालेल. कंकण आंसावर गरगरां फिरलें ह्मणजे ज्या खुंट्यांवर ब्रश बसविलेले असतात, त्यांपैकीं एका खुंटींत धनविद्युत् येते, व दुसरींत ऋणविद्युत् येते. यामुळें दोहों खुंट्यांस एका तारेनें जोडलें, किंवा आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें विद्युत्संचायक मालेसारख्या एखाद्या यंत्रास जोडिलें, ह्मणजे विद्युत्प्रवाह वाहतो, व कंकण फिरत असतें तोंपर्यंत प्रवाह उत्पन्न होत राहतो. हे प्रवाह **क्लार्क** याच्या यंत्रांतल्या प्रवाहासारखे बदलणारे नसतात, ह्मणजे उलट सुलट नसतात. हे फार जोराचे असून सलग ह्मणजे एकाच दिशेनें वाहणारे असतात, ह्मणून यास परिवर्तकाची जरूर लागत नाहीं. हे प्रवाह कसे सलग असतात, याचें बरोबर स्पष्टीकरण करण्यासाठीं येथें जागा अडवितां येत नाहीं. एवढें सांगणें बस आहे कीं, दोहों ध्रुवांमध्यें कंकण आंसावर फिरत असतां त्यावरील वेटाळ्यांत चुंबकानें जे विद्युत्प्रवाह प्रवर्तित होतात, त्यांच्या दिशा अम्पियरच्या (१०९) कल्पनेप्रमाणें असतात.

रसायनजन्य विद्युन्मालेच्या प्रवाहाप्रमाणेंच, या जातीच्या यंत्रांतील प्रवाहाचा जोर, त्याची विद्युच्चालकशक्ति आणि प्रतिबंध यांमधील प्रमाणावर अवलंबून असतो (१००). कंकणाच्या परिघावर गुंडाळलेल्या तारेची लांबी व तिचा व्यास यांवर या यंत्रांतील प्रतिबंध अवलंबून असतो; आणि चुंबकाच्या जोरावर विद्युच्चालकशक्ति अवलंबून असते, आणि कांहीं मर्यादेपर्यंत ज्या वेगानें कंकण फिरत असेल, त्या वेगाच्या प्रमाणांत विद्युच्चालकशक्ति असते. वर दाखविल्यासारखें यंत्र हातानें चालविलें, तर **बनसेन**च्या ८ चक्रांच्या मालेच्याप्रवाहा एवढा प्रवाह उत्पन्न होतो.

चुंबकविद्युद्यंत्राच्या रचनेंत अलीकडे फार सुधारणा करण्यांत आल्या आहेत. चुंबकांची संख्या वाढवून कांहीं अंशीं यंत्राची शक्ति वाढवितात. तसेंच वेटाळ्यांची संख्या व वेटाळ्याच्या तारेची लांबी वाढवून व तार गुंडाळण्याच्या तऱ्हेंत कांहीं फेरफार करून अंशतः यंत्राची शक्ति वाढवितात. आणि अंशतः त्यांची रचना, त्यांवर चुंबकाचें जास्त जोरानें कार्य व्हावें, अशी ठेवूनही वाढवितात. असलीं यंत्रें पाण्याच्या किंवा वाफेच्या शक्तीनें चालवितां येतात, आणि फार जोराचे विद्युत्प्रवाह थोड्या खर्चांत व्यवहारांत उपयोगी पडण्याजोगे या यंत्रांनीं उत्पन्न होतात. तात्विकदृष्ट्या पाहिलें असतां रसायनकार्यानें विद्युत् उत्पन्न करण्यास जो खर्च लागतो, त्याहून कमी खर्चांत या रीतीनें विद्युत् उत्पन्न होते. परंतु चुंबकविद्युद्यंत्रानें उत्पन्न केलेली विद्युत् आणि रसायनकार्यानें उत्पन्न केलेली विद्युत् या दोन्ही अखेरीस कोळशांच्या ज्वलनावरच अवलंबून असतात. चुंबक यंत्र चालविण्यास जें वाफेचें यंत्र लागतें, त्या यंत्राची वाफ करण्यास साक्षात् कोळशांचा व्यय होतो, आणि रसायनजन्य विद्युन्मालेंत जस्ताचें संशोधन करण्यास कोळशांचाच खर्च होतो. तथापि एवढें दाखवितां येतें कीं, चुंबक यंत्रांत विवक्षित वजनाच्या कोळशांनीं रसायनजन्यमालेपेक्षां जास्त विद्युत् उत्पन्न करितां येते.

१२८. एके ठिकाणीं विद्युत् उत्पन्न करून दुसऱ्या ठिकाणीं काम करून घेतां येतें:—असें समजूं कीं, **अ** आणि **ब** हीं दोन ग्रामचीं किंवा दुसरीं चुंबक यंत्रें आहेत (आ० १६४). या यंत्रांच्या तारांचीं टोंकें

आ० १६४.



बऱ्याच लांबीच्या तारांनीं परस्पर जोडलीं आहेत, आणि यांपैकीं जर एक यंत्र फिरविलें, तर दुसऱ्या यंत्रांतील धारक किंवा प्रवर्तक तेवढ्याच जलदीनें फिरतो. आतां येथें पहिलें यंत्र फिरविण्यांत जें काम खर्च होतें, व त्यानें जो प्रवाह उत्पन्न होतो, तो प्रवाह दुसऱ्या यंत्रांत जाऊन त्या प्रवाहाचें गतींत रूपांतर होतें; आणि तें यंत्र फिरूं लागलें, म्हणजे त्या गतीच्या योगानें कांहीं काम करून घेतां येतें. हा जो व्यवहारिक उपयोग करून घेतां येतो, हा फार महत्वाचा आहे. कारण चाकें, रूळ, तारांचे दोर वगैरे ज्या साधनांचा एका ठिकाणच्या शक्तीनें दुसऱ्या ठिकाणीं काम करून घेण्यास उपयोग करावा लागतो, त्यांशिवाय केवळ धातूंच्या तारांनीं यांत्रिक शक्तीस अंतरावर नेतां येतें, ही गोष्ट सिद्ध होते. प्रत्यक्ष प्रयोग करून असें सिद्ध करण्यांत आलें आहे कीं, विद्युल्लतेच्या योगानें मूळ यंत्रापासून ३० किंवा ४० मैलांवर त्या यंत्राच्या शक्तीनें काम करून घेतां येतें. हा विजेच्या अंगीं एक फार महत्वाचा धर्म आहे. इतर यंत्रांनीं फार नियमित अशा अंतरावर मात्र शक्ति नेतां येते.

विद्युल्लतेनें एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं शक्ति नेण्यास तीन गोष्टींची अवश्यकता लागते; (१) **गत्युत्पादकशक्ति,** मोठ्या यंत्रांत वायूचें किंवा वाफेचें यंत्र किंवा पाणचक्की याचा उपयोग करितात. (२) **विद्युत् उत्पन्न करणारें चुंबक यंत्र;** आणि (३) **त्या विद्युल्लतेनें चालणारें दुसरें यंत्र,** याचा चालकाप्रमाणें उपयोग होतो. जें दुसरें कोणतेंही चालक यंत्र काम करील, तें काम हें यंत्र करूं शकतें. उदाहरणार्थ यानें यंत्रें चालवितां येतात, लांकूड कापतां येतें, पाणी चढवितां येतें, इत्यादि. मूळचें चुंबकयंत्र चालविण्यास जेवढी कर्तृत्वशक्ति खर्च होते, तेवढी सर्व दुसऱ्या विद्युच्चालक यंत्रांत उपयोगी पडत नाहीं. त्यापैकीं कांहीं शक्तीचें वाहक तारेंत उष्णतेमध्यें रूपांतर होतें. परंतु असें सिद्ध करण्यांत आलें आहे कीं, मूळ चालकाच्या कर्तृत्वशक्तीपैकीं बहुतेक निमी शक्ति पुष्कळ लांबीच्या तारेंतूनही नेतां येते. धबधबे, नद्यांचे

प्रवाह व भरती या प्रकारच्या कर्तृत्वशक्ति जेथें स्वभावत: बिनखर्चानें मिळूं शकतात, त्या ठिकाणीं याचा फार उपयोग होईल, असें दिसतें. या स्वाभाविक शक्तींनीं पाणचक्क्या चालवितां येतील, व त्या पाणचक्क्यांनीं विद्युत्‌यंत्रें फिरवितां येतील आणि जेथें आपणास काम करून घ्यावयाचें आहे, तेथें तारेंतून विद्युत्‌शक्तीस नेतां येईल, आणि या रीतीनें उद्योगधंदे करण्याचीं नवीन स्थळें निर्माण होतील.

१२९. विद्युच्चुंबकविद्युद्यंत्रें किंवा **गतिजन्यविद्युद्यंत्रें**:—वरील ग्रामच्या यंत्रांत पोलादाच्या कायमच्या चुंबकाच्या जागीं रसायनजन्यविद्युन्मालेच्या प्रवाहानें केलेले विद्युच्चुंबक आहेत, अशी कल्पना केली, तर पोलादी चुंबकांपेक्षां तेवढ्याच आकाराचे विद्युच्चुंबक फार जोराचे असतात; याकरितां त्यांच्या योगानें प्रवर्तित झालेले प्रवाह फार जोराचे असतील हें उघड आहे. या तत्वावर **विल्डि** यानें प्रथमत: यंत्रें तयार केलीं व त्यांपासून साध्या चुंबकाच्या यंत्रांपेक्षां फार जोराचे प्रवाह उत्पन्न होऊं लागले.

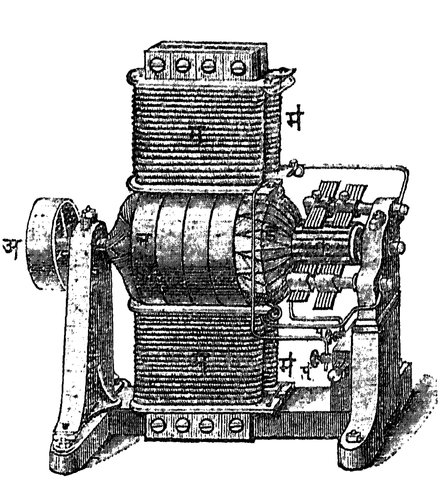
याहून यांत आणखी एक सुधारणा पुढें झाली. या सुधारणेचें तत्व **सर व्हीटस्टोन** आणि **सर सीमेन** यांनीं एकाच वेळीं शोधून काढिलें. कसलेंही धावडी लोखंड असलें, तरी त्यांत चुंबकत्वाचा थोडा अवशेष नेहमीं असतो. तेवढा अंश निर्बल असे प्रवर्तित प्रवाह प्रथम उत्पन्न करण्यास बस होतो. असे उत्पन्न झालेले निर्बल प्रवाह पुन: मूळच्या विद्युच्चुंबकांत सोडिल्यानें त्याचें चुंबकत्व वाढत जाऊन अधिकाधिक जोराचे विद्युत्प्रवाह प्रवर्तित होऊं लागतात. हें तत्व वरील दोघां विद्वानांनीं शोधून काढिलें व नवीं यंत्रें केलीं, त्यांची रचना कशी होती तें आतां सांगूं. मागील यंत्रांतील पोलादी चुंबकाच्या जागीं नालाच्या आकाराच्या धावडी लोखंडाच्या कांबीसभोंवर मढविलेली तार गुंडाळून केलेल्या विद्युच्चुंबकाचा उपयोग या यंत्रांत करितात. या विद्युच्चुंबकाच्या तारेचीं टोंकें त्याच्या ध्रुवांमध्यें गरगरां फिरणारा जो प्रवर्तक त्याच्या तारांशीं जोडतात.

विद्युच्चुंबकांत जें थोडें शेष चुंबकत्व नेहमीं असतें त्यानें त्याच्या दोहों ध्रुवांमध्यें फिरणाऱ्या प्रवर्तकांत निर्बल असा विद्युत्प्रवाह प्रवर्तित होतो. हा प्रवाह विद्युच्चुंबकाच्या तारेंत जातो व चुंबकत्व वाढतें. या वाढलेल्या चुंबक-

त्यानें प्रवर्तकांत जास्त जोराचे विद्युत्प्रवाह प्रवर्तित होतात. याप्रमाणें प्रवर्तक आणि विद्युच्चुंबक यांचें परस्परांवर कार्य घडत जाऊन एकसारखा वाढत्या जोराचा प्रवाह उत्पन्न होत जातो. प्रवर्तक ज्या वेगानें फिरत असेल त्या वेगावर प्रवाहाचा जोर अवलंबून असतो आणि त्यानेंच मात्र मर्यादित असतो. प्रवर्तकाच्या तारेचीं टोकें विद्युच्चुंबकाच्या तारेस जोडलेलीं असून शिवाय दुसऱ्या दोन स्क्रूस जोडलेलीं असतात. त्या स्क्रूमधून विजेच्या प्रवाहास हवें तिकडे नेतां येतें. या तत्वावर केलेल्या यंत्रांत प्रवर्तक फिरविण्यास जी कर्तृत्वशक्ति लागते, ह्मणजे जें काम खर्च होतें, त्याचें विद्युत्प्रवाहांत रूपांतर होतें. ह्मणून अशा यंत्रांस **गतिजन्यविद्युद्यंत्रें** असें नांव देतात. परंतु मागील साध्या चुंबकाच्या यंत्रांतही गतीनेंच विद्युत् उत्पन्न झाली होती. दोहोंत भेद एवढाच कीं एकांत चुंबकानें विद्युत् प्रवर्तित होते व दुसऱ्यांत विद्युच्चुंबकानें प्रवर्तित होते. ह्मणून पहिल्यास **चुंबकजन्यविद्युद्यंत्र** ह्मटलें, तर यास **विद्युच्चुंबकजन्यविद्युद्यंत्र** ह्मणतां येईल. दोन्हीं गतिजन्यविद्युद्यंत्रें होत.

सीमेन यानें केलेल्या या जातीच्या लहान आकाराच्या उभ्या यंत्राचें चित्र आकृति १६५ मध्यें दाखविलें आहे. याचें विशेष लक्षण हें आहे कीं यांतील चुंबकाचे धारक अर्ध गोलाकार असतात. **म मं** आणि **म मं** या दोन चपट्या विद्युच्चुंबकांच्या जोड्या वर व खालीं आहेत. या विद्युच्चुंबकांच्या टोंकांवर मधल्या रुळांसभोंवतीं बसण्याजोगे गोल आकाराचे धावडी लोखंडाचे तुकडे बसविलेले असतात व हेच यांचे **न** धारक होत. दोहों टोंकांवरील दोन तुकडे अलग व स्वतंत्र

आ० १६५.



असल्यानें त्यांमधून हवा खेळते व उष्णमान फार वाढत नाहीं. या तुकड्यांतील शेष चुंबकत्वानें मधल्या रुळासारख्या प्रवर्तकाच्या तारेंत प्रवाह प्रवर्तित होतो.

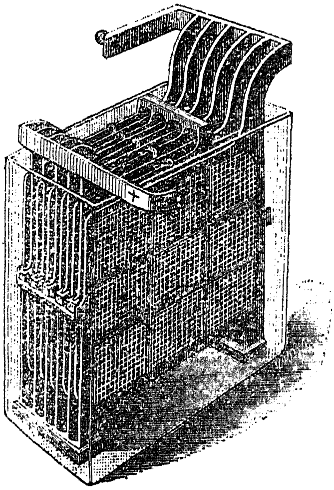
प्रवर्तक **ड** हा ढोलक्याच्या आकाराचा लोखंडी रूळ असून त्यावर विद्युत्स्थापक द्रव्याच्या थरानें मढविलेली तार गुंडाळलेली असते. हा रूळ आंसावर पक्का बसविलेला असून आंसाचीं शेवटें दोन उभ्या आधारांवर टेंकतात. आंसाच्या एका शेवटावर डावीकडे **अ** हें चाक असतें. यावर दुसऱ्या गति देणाऱ्या चाकाचा पट्टा असतो व त्यानें यास गरगरां फिरण्याची गति देतां येते. या मधल्या रुळावर त्या सभोंवतीं न गुंडाळतां त्याच्या लांबीच्या दिशेंत तार गुंडाळलेली असते व तिचे अनेक फेरे असतात. रुळाच्या आंसाच्या दुसऱ्या टोंकावर त्यापासून व परस्परांपासून अलग असे दोन अर्धे वर्तुळाकार पितळी पत्र्याचे तुकडे समोरासमोर बसविलेले असतात. मधल्या रुळावरील तारेचीं दोन टोंकें या दोन तुकड्यांस जोडलेलीं असतात. यामुळें तारेंत प्रवर्तित झालेली धन व ऋणविद्युत् या दोन तुकड्यांत येते. या दोन तुकड्यांपैकीं प्रत्येकावर तांब्याच्या तारांचे दोन ब्रश टेंकतात. हे दोन ब्रश विद्युत्स्थापित अशा दोन स्क्रूंस जोडलेले असतात. यांमधून विद्युत्प्रवाह विद्युच्चुंबकाच्या तारांत जातो, व त्यांतून **प प** या स्क्रूंत येतो; या दोन स्क्रूंस दोन तारा जोडून हवें तिकडे प्रवाहास नेतां येतें.

या यंत्राच्या रचनेंत असा फायदा आहे कीं मधला धारक लांबट असून त्यावरील बहुतेक तार पृष्ठभागीं असते, व चुंबकाच्या लोखंडी धारकांच्या अगदीं सन्निध असते. ह्मणून चुंबकाचें प्रवर्तक कार्य जास्त होतें. या प्रकारचें दोन तीन घनफूट अवकाश व्यापणारें लहानसें यंत्र असलें व याचे दर सेकंदास १५ फेरे होत असले, (इतकी गति देण्यास १½ घोड्याच्या शक्तीचें यंत्र लागतें), तर यानें १४०० मेणबत्त्यांचा प्रकाश उत्पन्न करितां येईल. याहून मोठ्या आकाराच्या यंत्रानें याहून जास्त जोराचे परिणाम घडतात; परंतु त्यांस फिरविण्यास जास्त शक्ति लागते. तथापि त्या मानानें त्यांस खर्च कमी लागतो.

कोणत्या अर्थीं उपयोग आपण करितों त्याचेंही दिग्दर्शन केलें आहे. त्या ठिकाणीं वर्णन केल्यासारखीं संचायक चक्रें बनविण्यास फार विद्युच्छक्ति खर्च करावी लागते व वेळही फार लागतो. **फारे** यानें यांत फार सुधारणा केली आहे. त्यानें शिशाच्या पत्र्यास दोहों बाजूंनीं शिशाच्या आक्साइडानें मढविलें, व त्याच्या एका बाजूवरील नीच आक्साइडास आणखी आक्सिडाइज करून उच्च आक्साइडाच्या रूपांत नेलें, व दुसऱ्या बाजूवरील आक्साइडांतील आक्सिजन काढून घेऊन पत्र्यावर रजोरूप शिशाचा पटल उत्पन्न केला. येणेंकरून दोहों बाजूंचा पृष्ठभाग जास्त रसायनकार्य होण्यास त्यानें वाढविला. परंतु अशा पृष्ठभागावरील शिशाचे कण व त्याच्या उच्च आक्साइडाचे कण यांचे कपळे पडण्याचा संभव असतो. हें टाळण्याकरितां यांत आणखी दुसरी सुधारणा करण्यांत आली. ती ही कीं शिशाचे सलग पत्रे न घेतां चौकोनी किंवा वाटोळीं भोंकें पाडलेले पत्रे घेऊन त्या भोंकांत शिशाच्या आक्साइडाच्या मळून व दाबून केलेल्या चकत्या भरल्या. येणेंकरून पृष्ठभाग न वाढवितां सच्छिद्र असा पुष्कळ आक्साइड त्या भोंकांत संचित करितां येऊं लागला. चकत्यांची बळकटी व घट्टपणा राखून जितका आक्साइड भोंकांत दाबून भरतां येईल तितका भरून पुष्कळ आक्साइड थोड्या अवकाशांत सांठवितां येऊं लागला व कपळे पडण्याचा दोष कमी झाला.

आकृति १६६ मध्यें अशा प्रकारची एक संचायकमाला दाखविली आहे.

आ० १६६.



ऋणध्रुवाकडचे एकंदर सहा पत्रे एकमेकांस जोडले आहेत; आणि अशाच प्रकारचे दुसरे पांच पत्रे या सहा पत्र्यांमध्यें बसवून त्यांस विद्युत्स्थापक द्रव्याच्या तुकड्यांनीं पहिल्या पत्र्यांपासून अलग केलें आहे व यांसही परस्पर जोडलें आहे. प्रत्येक सांगडींतील पत्रे एका मोठ्या सलग पत्र्याचें काम करितात; प्रत्येकाचा मढविलेला पृष्ठभाग दुसऱ्याच्या मढविलेल्या पृष्ठभागासमोर अगदीं जवळ या रीतीनें येतो. संचायकचक्रांत साधेल तितकें वजन कमी करून पृष्ठभाग वाढवितां यावा हा मुख्य उद्देश असतो. त्याचप्रमाणें पत्र्यास होईल तितकें परस्पर जवळ आणून अंतस्थ प्रतिबंध कमी करावा लागतो. अशीं अनेक चक्रें योग्य परिवर्तकांनीं परस्पर जोडून कारण पडेल त्याप्रमाणें **विद्युच्चालकशक्ति** किंवा **विद्युल्लतेचे परिणाम** वाढवितां येतें.

संचायकचक्रांतील विद्युत् आपण घेऊं लागतों तेव्हां आरंभीं विद्युच्चालकशक्ति २ व्होल्टपेक्षां जास्त असते. विद्युत् भरल्यावर लागलीच तिजमधील विद्युल्लतेचा उपयोग करूं लागल्यास त्यांतील विद्युल्लतेची विद्युच्चालकशक्ति लवकरच २ व्होल्ट होते. या मर्यादेवर बराच वेळ कायम राहते व नंतर सावकाश कमी होत जाऊन १·८५ पासून १·८ व्होल्टवर येते. यानंतर पुनः विद्युच्चालकशक्ति फार जलद कमी होत होत विद्युत् संपेपर्यंत अगदीं नाहींशी होते. २ व्होल्टपेक्षां विद्युच्चालकशक्ति कमी न होऊं देण्याविषयीं जपावें

हें उत्तम होय असें अनुभवावरून ठरलें आहे. कारण विद्युच्चालकशक्ति २ व्हाल्टपेक्षां फार कमी झाली, तर संचायकचक्र फार दिवस टिकत नाहीं.

विवक्षित संचायकचक्रांतून ज्या परिमाणाची विद्युत् किंवा तिच्या बरोबरीचें यांत्रिक काम ज्या वजनाचें शिसें खर्च होऊन मिळेल त्यावरून त्या चक्राची **संचायकशक्ति** अमुक आहे असें ह्मणतात. एक तासपर्यंत एक अंपिअर प्रवाह आला, तर त्या चक्राचा संचय अंपिअरचा एक तास होता, एका तासांत २ अंपिअर प्रवाह आला, तर संचय अंपिअरचे दोन तास होता असें ह्मणतात.

संचायकचक्रांत विद्युत् संचित करण्यास किंवा भरण्यास लागलेली कर्तृत्वशक्ति व त्यांतून मिळणारी विद्युच्छक्ति या दोहोंमध्यें जें प्रमाण असेल त्यास संचायकचक्राचें **सामर्थ्य** ह्मणतात.

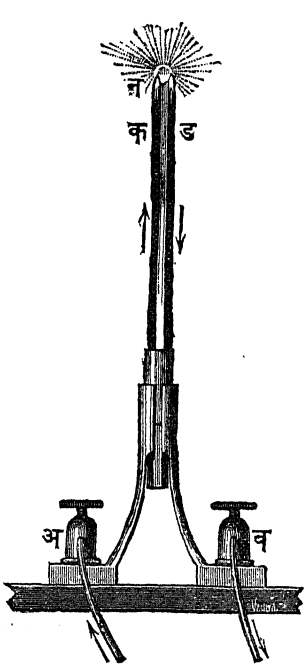
ट्रामगाड्या, बोटी वगैरे चालविण्यास जेव्हां विद्युत्संचायकचक्रांचा उपयोग करितात त्या वेळीं संचायकाची **संचायकशक्ति** फार महत्वाची असते आणि दिवे वगैरे लावण्यास ज्या संचायकाचा उपयोग करितात त्यांत त्याचें **सामर्थ्य** फार महत्वाचें असतें.

जोंपर्यंत रसायनजन्यविद्युन्मालेनेंच मात्र विद्युत् उत्पन्न करितां येत होती तोंपर्यंत अशा संचायकचक्रांचा विद्यार्थ्यांस शिकविण्यापुरता यंत्रशाळेंत मात्र उपयोग होत होता. परंतु केवळ यांत्रिक कामानें हव्या तेवढ्या जोराचे विद्युत्प्रवाह हवा तितका वेळ उत्पन्न करितां येऊं लागले व चुंबकजन्यविद्युद्यंत्रांत फार सुधारणा झाल्या, तेव्हांपासून सर्वत्र मान फिरलें व संचायकाचा व्यवहारांत उपयोग करितां येऊं लागला. आकृति १६७ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें संचायकचक्र चुंबकजन्यविद्युद्यंत्रास जोडून रासायनिकविच्छेदानें उत्पन्न झालेले पदार्थ अशा रीतीनें संचित करितां येतात कीं त्यांचा विद्युत्प्रवाह उत्पन्न करण्यास हवा तेव्हां उपयोग करितां येतो.

१३१. विजेची मेणबत्तीः—चुंबक-जन्य-विद्युद्यंत्रांत ज्या अनेक सुधारणा झाल्या, त्यांचा पहिला परिणाम असा झाला कीं, विजेच्या दिव्यांचा जास्त उपयोग होऊं लागला. विजेनें प्रकाश उत्पन्न करण्यामध्यें मुख्य गोष्ट

विजेच्या दिव्याची रचना साधी व सोपी करणें ही असते. सर्वांत साधा दिवा ह्मटला ह्मणजे **जाब्लाकाफ** याची मेणबत्ती होय. (आ० १६७ पहा). ही मेणबत्ती विजेनें पेटविण्यास इतर कमानदार विजेच्या दिव्यांस जी बिकट यांत्रिक योजना लागते, ती लागत नाहीं. ही मेणबत्ती धुराच्या दिव्यांज्या कारखान्यांत रिटार्टांमध्यें जो कोक मागें राहतो, त्याच्या बारीक व पातळ दोन पेन्सिली करून त्यांस परस्पर जवळ व समांतर आणि चिनीमातीच्या पातळ थरानें एकमेकांपासून अलग अशा बसवून ही मेणबत्ती केलेली असते. चिनीमाती फेलस्पार या दगडाच्या पृथग्भवनानें उत्पन्न झालेली असते, व तिच्या योगानें दोन्ही पेन्सिली विद्युत् एकमेकांत न जाण्याजोग्या परस्परांपासून अलग राहतात. ही मेणबत्ती एका योग्य अशा बैठकींत बसवून एक पेन्सिल **अ** या स्क्रूस जोडलेली असते, व दुसरी **ब** या स्क्रूस जोडलेली असते.

आ० १६७.



चुंबकजन्य विद्युद्यंत्राच्या तारा **अ, ब** या स्क्रूंस जोडून यंत्र चालू केलें, ह्मणजे पेन्सिलीच्या **क, ड** या टोंकांस जोडणारी **न** प्रकाशाची कमान उत्पन्न होते; आणि तिची उष्णता इतकी असते कीं, तिच्या योगानें दोहों पेन्सिलींमधील चिनीमाती वितळून व जळून, ज्या मानानें कोकच्या पेन्सिली जळतात त्याच मानानें, हा मधील विद्युत्स्थापक थरही नाहींसा होतो. याप्रमाणें उत्पन्न झालेल्या प्रकाशाच्या कमानींत ऋणध्रुवापेक्षां धनध्रुव जास्त जळतो. ह्मणून **क** टोंक **अ** धनध्रुवास जोडलेलें असलें, तर ऋणध्रुवास जोडलेल्या **ड** टोंकापेक्षां

जास्त जळून जाईल; आणि दोहों टोंकांमधील अंतर वाढून कदाचित् प्रवाह थांबेल. परंतु यंत्रांत परिवर्तकाचा उपयोग न करितां परस्पर विरुद्ध दिशेनें वाहणारे जे प्रवाह चुंबकयंत्रांत आपोआपच उत्पन्न होतात, त्यांचा उपयोग केल्यानें हें घडत नाहीं. **क** व **ड** क्रमाक्रमानें धन व ऋण होतात, आणि पेन्सिलीचीं टोंकें सारख्याच त्वरेनें जळतात; यामुळें सर्व मेणबत्ती जळून जाईपर्यंत प्रकाश सारखा कायम राहतो. अशा मेणबत्तींत प्रकाश सोडतांना आकृति १६२ मधील **क्ष, य** हे तुकडे मुळींच नसून आंसावरील ज्या कंकणास वेटाळ्याचीं **म, न** टोंकें जोडलेलीं असतात, त्यांसच मेणबत्तींत प्रवाह नेणाऱ्या तारा जोडलेल्या असतात.

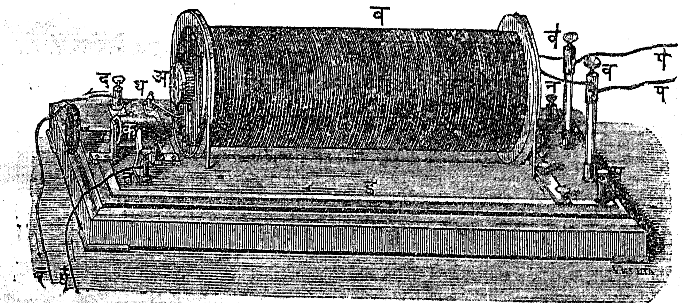
ज्या चुंबकजन्य विद्युद्यंत्राचें वजन ३ हंड्रेडवेटांहून जास्त नाहीं, असें यंत्र वाफेच्या शक्तीनें चालविलें, तर प्रत्येक घोड्याच्या शक्तीनें १२५० मेणबत्त्यांइतका प्रकाश उत्पन्न करितां येतो. प्रत्येक घोड्याच्या शक्तीएवढ्या शक्तीची वाफ उत्पन्न करण्यास दर तासास तीन पौंड कोळसे जाळावे लागतात, असें समजलें, तर एक पौंड खनिज कोळसे जाळल्यानें दर तासास ४१७ मेणबत्त्यांचा प्रकाश उत्पन्न होतो, असें झालें.

एवढ्याच वेळांत एवढ्या तेजाचा प्रकाश उत्पन्न करण्यास, १८ मेणबत्त्यांच्या तेजाचा ज्या धुराचा दिवा असतो, असा १४० घनफूट खनिज कोळशाचा धूर जाळावा लागतो, असें अनुमान काढण्यांत आलें आहे. या प्रतीचा इतका वायु तयार करण्यास ३० पौंड दगडी कोळसे लागतात. धूर काढल्यावर जें कोक मागें राहतें, व आमोनिया वगैरे जे दुसरे पदार्थ उत्पन्न होतात, त्या सर्वांची मिळून किंमत निमी येते, असें घेतलें, तरी एक पौंड दगडी कोळशानें विजेनें जेवढा प्रकाश पाडतां येतो, तेवढाच खनिज कोळशाच्या धुरानें पाडण्यास १५ पौंड दगडी कोळसे जाळावे लागतात, हें उघड आहे. ह्मणजे विजेच्या दिव्यांच्या १५ पट धुराच्या दिव्यास खर्च लागतो, असें झालें.

१३२. रह्मकार्फ याचें प्रवर्तक वेंटाळें:—प्रवर्तित प्रवाह उत्पन्न करण्याकरितां ही एक रचना आहे. हिजमध्यें जें प्रवाहमंडल आलटून पालटून पुरें होतें, व तुटतें, अशा रसायनजन्य विद्युत्प्रवाहाच्या कार्यानें

असतात. आंतील वेटाळ्याच्या तारेचीं टोंकें विद्युन्मालेच्या दोहों ध्रुवांस जोडलेलीं असून या तारेंत एका आपोआप चालणाऱ्या विशेष योजनेनें मालेचा प्रवाह आलटून पालटून जातो, व तुटतो. दुसऱ्या वेटाळ्याच्या तारेंत पहिल्या वेटाळ्यांतील प्रवाहानें प्रवर्तित प्रवाह उत्पन्न होतो. या यंत्राच्या योगानें ग्रोव्हच्या ३।४ चक्रांच्या विद्युन्मालेच्या प्रवाहानें रासायनिक, शारीरक, आणि भौतिक असे सर्व परिणाम उत्पन्न करितां येतात; आणि हे परिणाम मोठीं विद्युद्यंत्रें व फार शक्तिमान् अशा विद्युद्घटमाला यांच्या परिणामांहून फार ठळक व जोराचे असतात.

सर्व प्रवर्तक वेटाळ्यांत पारिस येथील **रहमकार्फ** यानें केलेलीं आणि विलायतेंत **लाड** यानें केलेलीं प्रवर्तक वेटाळीं फार शक्तिमान् असतात. आ० १६८ मध्यें १४ इंच लांबीचें असलें एक प्रवर्तक वेटाळें दाखविलें आहे.



आ० १६८.

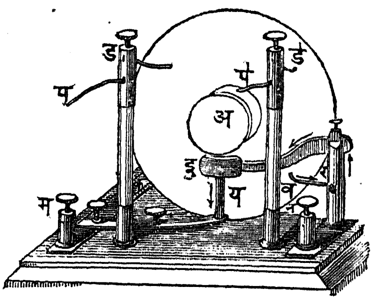
आंतील ह्मणजे प्रवर्तक वेटाळ्याची तार तांब्याची असून सुमारें २ सहस्रांश मात्रा व्यासाची आहे, आणि ४ किंवा ५ यार्ड लांबीची आहे. पुठ्ठयाच्या जाड कागदाची पोकळ नळी करून तिजवर ही तार गुंडाळली आहे, आणि तार गुंडाळलेली ही कागदाची नळी कांच किंवा एबनाइट या विद्युत्स्थापक

द्रव्याच्या नळींत घातलेली आहे. या विद्युत्स्थापक द्रव्याच्या नळीवर दुसरी तांब्याचीच परंतु सुमारें १/३ सहस्रांश मात्रा व्यासाची बारीक तार गुंडाळलेली आहे. या यंत्रांत तारेच्या वेटाळ्यांस व तारेच्या वळशांस एकमेकांपासून अगदीं अलग ह्मणजे विद्युत्स्थापित ठेवणें ही गोष्ट मुख्य असते. तारांस फक्त रेशमानें गुंडाळूनच प्रथमतः त्यांस विद्युत्स्थापित केलेलें असतें. परंतु एवढें बस होत नाहीं. एक वेळ तार गुंडाळल्यावर त्यावर पुनः दुसरा फेरा गुंडाळण्यापूर्वी वितळलेल्या लाखेचा पातळ थर पहिल्या फेऱ्यावर देतात; आणि याप्रमाणें प्रत्येक गुंडाळलेला थर दुसऱ्या थरापासून अगदीं अलग व विद्युत्स्थापित करितात. दुसऱ्या वेटाळ्यांतील बारिक तारेची लांबी फार असते, व तीही भिन्न भिन्न यंत्रांत निरनिराळ्या मानानें असते. कांहीं मोठ्या आकाराच्या यंत्रांत ही लांबी २०० किंवा ३०० मैलपर्यंत असते; आणि इतकी लांब तार घेतात तेव्हां तार फार बारीक ह्मणजे सुमारें १/२ सहस्रांश मात्रा व्यासाची घेतात.

खालीं लिहिल्याप्रमाणें यंत्र चालविण्याकरितां योजना असते. विद्युन्मालेंतील प्रवाह **ध** या तारेनें यंत्राच्या बैठकीवरील **त** या स्क्रूमध्यें येऊन तेथून **क** या परिवर्तकांत जातो (आ० १६८ पहा). त्यांतून **थ** या दुसऱ्या स्क्रूमध्यें जाऊन आंतील वेटाळ्याच्या मुख्य तारेंत प्रवाह शिरतो. आंतील वेटाळ्यांत प्रवाह खेळला ह्मणजे त्याचें प्रवर्तक कार्य बाहेरील वेटाळ्याच्या बारीक तारेवर घडतें. आंतील वेटाळ्याच्या तारेंतून प्रवाह **व** तारेनें बाहेर पडतो (आ० १६९ पहा), आणि तेथून तिराच्या टोंकांनीं दाखविलेल्या दिशांनीं प्रथमतः **र** या उभ्या खांबांत चढतो, व त्यांतून पुढेंमागें जाणाऱ्या कमानीस लाविलेल्या **इ** या लोखंडी तुकड्यांत जातो. तेथून **य** या खांबांतून खालीं उतरून **क** या तांब्याच्या पत्र्यांत येऊन तेथून पुनः **क** या परिवर्तकास जाऊन मिळतो. त्यांतून **द** या स्क्रूंत जाऊन तेथून अखेरीस विद्युन्मालेच्या ऋणध्रुवास **र** या तारेनें मिळतो (आ० १६८). आंतील वेटाळ्याच्या तारेंत प्रवाह येतो, किंवा तिजमधून जातो, त्या वेळीं मात्र प्रवाहाचें बाहेरच्या वेटाळ्यावर क्षणिक प्रवर्तक कार्य घडतें. ह्मणून प्रवाह वरचेवर त्या तारेंत जाण्याची व बंद होण्याची योजना असणें जरूर आहे. याप्रमाणें प्रवाहाचा संयोग होणें व भंग होणें हें पुढें मागें सरणाऱ्या **इ** या लोखंडी तुकड्यानें घडतें. हा तुकडा

वेटाळ्यांतील लोखंडी तारांच्या जुडीवर आदळतो, व मागें सरतो, ह्मणून यास **हातवडी** ह्मणतात; परंतु यानेंच प्रवाह आंतील वेटाळ्याच्या तारेंत जातो, ह्मणजे संयोग घडतो, व भंगही घडतो, ह्मणून यास **संयोगभंजक** असें नांव देऊं. हा संयोगभंजक (किंवा ही हातवडी) आ० १६८ मध्यें दाखविला नाहीं, परंतु आ० १६९ मध्यें मोठा काढून दाखविला आहे. आंतील

आ० १६९.



वेटाळ्याच्या नळींत लोखंडी तारांची जी जुडी आहे, तिचें टोंक **अ** ठिकाणीं दाखविल्याप्रमाणें नळीपेक्षां थोडें मोठें झालेलें असें बाहेर आलेलें आहे. जेव्हां आंतील वेटाळ्याच्या ह्मणजे मुख्य तारेंत विद्युत्प्रवाह जातो, तेव्हां या तारांच्या जुडींत चुंबकत्व येतें, आणि त्यामुळें ती जुडी **इ** या लोखंडी हातवडीस आकर्षण करिते. परंतु याप्रमाणें **इ** हातवडी आकर्षिली गेली, ह्मणजे **य** या खांबापासून तिचा संयोग तुटतो; आणि तेणेंकरून मुख्य तारेंत प्रवाह जाण्याचें बंद होतें. प्रवाह बंद होतांच लोखंडी जुडींतील चुंबकत्व जातें. चुंबकत्व जातांच **इ** हातवडी ज्या कमानीच्या तुकड्यांस जोडलेली असते तिच्या स्थितिस्थापकतेनें मागें येते. मागें येतांच पुनः **य** खांबाशीं तिचा संयोग घडतो, आणि पुनः प्रवाह मुख्य तारेंत जाऊन जुडींत चुंबकत्व येतें, व ती हातवडीस आकर्षण करिते. आकर्षण केल्याबरोबर पुनः प्रवाह तुटतो. याप्रमाणें हातवडी एकसारखी पुढें मागें खूब जलद जात राहते, व तेणेंकरून मुख्य तारेंत वरचेवर आपोआप प्रवाह जातो, व तुटतो.

याप्रमाणें आंतील वेटाळ्याच्या मुख्य तारेंत थांबून थांबून प्रवाह जाईल, त्याप्रमाणें प्रत्येक संयोगाच्या व प्रवाहभंगाच्या वेळीं दुसऱ्या ह्मणजे गौण तारेंत आलटून पालटून उलट सुलट प्रवाह प्रवर्तित होतील. ह्मणजे मुख्य तारेंत

प्रवाह गेला, ह्मणजे उलट दिशेनें वाहणारा प्रवाह प्रवर्तित होईल, आणि लगेच प्रवाह बंद झाला, ह्मणजे सुलट ह्मणजे मूळप्रवाहाच्या दिशेनें वाहणारा प्रवाह प्रवर्तित होईल. परंतु ही तार पूर्णपणें विद्युत्स्थापित केली असल्यानें प्रवाहास असा जोर येतो कीं, त्यानें मह्या शक्तिमान असे परिणाम घडतात. प्रवर्तित प्रवाहमंडलांत संचायक घालण्याची युक्ति काढून या प्रवाहाचा जोर **फीझो** यानें आणखी वाढविला आहे. **रहमकार्फ** यानें जें अतिशय मोठें प्रवर्तक यंत्र केलें, त्यांत १८ इंच औरस चौरस असे कथलाच्या वर्खांचे १५० तुकडे घेऊन संचायक केलेला होता. तेलांत भिजविलेल्या रेशमी कापडाचे तुकडे दोहों वर्खांमध्यें घालून व याप्रमाणें त्यांस परस्परांपासून अलग किंवा विद्युत्स्थापित करून सर्व तुकड्यांस एकावरएक रचतात. यांपैकीं १,३,५ इत्यादि विषम तुकड्यांचीं शेवटें एके बाजूस कपड्याच्या पुढें आणून दुमडतात, आणि २,४,६, अशा सम तुकड्यांचीं शेवटें दुसऱ्या बाजूस कपड्यापुढें आणून दुमडतात. यामुळें एकीकडच्या सम टोंकांचें संचायकाचें एक कवच होतें व दुसरीकडच्या विषम टोंकांचें दुसरें कवच होतें. याप्रमाणें ५०,६० किंवा १५० तुकडे रचून त्यांस यंत्राच्या बैठकीखालीं एका लांकडी पेटींत ठेवितात. एकीकडच्या टोंकास संयोगभंजकाच्या **र** या स्क्रूस जोडितात, व येणेंकरून मुख्य तारेंतून वीज बाहेर पडली ह्मणजे पत्र्यांत येते; आणि दुसरीकडचीं टोंकें **म** या स्क्रूस जोडितात; हा स्क्रू **क** पत्रा आणि **क** परिवर्तक या दोहोंस जोडिलेला असल्यानें त्यांतून विद्युन्मालेच्या ऋणध्रुवांत प्रवाह जातो.

१३३. प्रवर्तक वेटाळ्याचे परिणामः—प्रवर्तक वेटाळ्याच्या यंत्राची विद्युत् फार जोराची असते, ह्मणून याच्या योगानें पुष्कळ उष्णताजनक व प्रकाशजनक परिणाम मात्र उत्पन्न करितां येत असत. परंतु या वेटाळ्यांत आलीकडे अनेक सुधारणा करण्यांत आल्या, तेव्हां पासूनच या प्रवर्तित प्रवाहांच्या सर्व जोराचा उपयोग करितां येऊं लागला; आणि या प्रवाहांनीं स्थिर विद्युल्लतेचे व त्याचप्रमाणें गतिविशिष्ट विद्युल्लतेचे फार शक्तिमान असे परिणाम उत्पन्न करितां येतात, हें सिद्ध झालें.

संयोगकाळीं व भंगकाळीं प्रवर्तित प्रवाह उत्पन्न होतात. परंतु हे प्रवाह

सारख्या जोराचे नसतात, व सारखा काळ राहणारेही नसतात. भंगकाळीं जो मूळ प्रवाहाच्या दिशेंतच वाहणारा प्रवाह उत्पन्न होतो, तो थोडा काळ राहतो, परंतु जास्त जोराचा असतो; आणि संयोगकाळचा प्रवाह जास्तकाळ राहणारा परंतु कमी जोराचा असतो. ह्मणून जर थोरल्या वेटाळ्याच्या बारिक तारेच्या **प, पं** या दोन शेवटांस एकत्र जोडिलें, तर तारेंत समान, व विरुद्ध अशा विजा उत्पन्न झालेल्या असल्यामुळें दोन्हीं प्रवाह परस्परांस निःशक्त करितात. या मंडलांत जर विद्युन्मापक ठेविलें, तर मूळ प्रवाहाच्या दिशेंत मात्र कांट्याचें थोडेंसें स्थलांतर घडतें. परंतु बारिक तारेच्या **प** आणि **पं** या टोंकांस परस्परांपासून दूर ठेविलें, तर असें घडत नाहीं. प्रवाहाच्या गमनास मधील हवेचा प्रतिबंध होतो, ह्मणून जास्त जोराचा ह्मणजे भंगकाळचा प्रवाह एका दिशेस जास्त जातो, आणि **प** व **पं** यांमधील अंतर जास्त असेल त्याप्रमाणें कांहीं मर्यादेपर्यंत जास्त जोरानें जातो. परंतु या मर्यादेपुढें मुळींच जात नाहीं. अशा वेळीं **प** आणि **पं** या टोंकांत उलट सुलट दिशेनें वाहणारी जोराची विद्युत् मात्र असते.

विद्युन्मालेप्रमाणेंच वेटाळ्याचे परिणाम शारीरिक, रासायनिक, उष्णताजनक, प्रकाशजनक आणि यांत्रिक असे घडतात. दोहों मध्यें भेद इतकाच असतो कीं, वेटाळ्यांतील विद्युल्लतेचे परिणाम अत्यंत जोराचे घडतात.

प्रवर्तक वेटाळ्याचे शरीरावर जे परिणाम घडतात, ते फार जोराचे असतात. यानें असे मोठे धक्के बसतात कीं, कित्येक प्रयोगांत लोक धक्क्यांनीं निचेष्ट जमिनीवर पडतात. बनसेनच्या २ चक्रांचा प्रवाह वेटाळ्याच्या मुख्य तारेंत सोडिला, तर त्यापासून उत्पन्न झालेल्या प्रवर्तित प्रवाहानें ससा मरतो. याहून कांहीं जास्त चक्रांच्या प्रवाहानें उत्पन्न झालेला प्रवर्तित प्रवाह मनुष्य मरण्यास बस होईल.

उष्णताजनक परिणामही सहज दाखवितां येतात. प्रवर्तित प्रवाहाच्या **प पं** या टोंकांस फार बारीक अशा लोखंडी तारेनें जोडावें, आणि वेटाळ्यांत प्रवाह सोडावा ह्मणजे ती तार तत्काळ वितळते, व तेजस्वी प्रकाशानें जळते.

खाणींत सुरुंग उडविण्यास व लढाईत किल्याच्या तटाचे बुरूज उडविण्यास प्रवर्तक वेटाळ्याच्या ठिणगीचा उपयोग करितात.

यापासून रासायनिक परिणामही अनेक तऱ्हेचे घडतात. कारण विद्युत्प्रवाहाचे साधारण परिणाम या यंत्रानें घडत असून शिवाय फार जोराच्या अशा विद्युल्लतेचे परिणामही घडतात. पाण्यांत बुडविलेल्या प्लाटिनमच्या ध्रुवांचा आकार व त्यांमधील अंतर आणि पाण्यांत आसिड ज्या मानानें मिळविलें असेल त्याप्रमाणें, पाण्याचें पृथक्करण न होतां पाण्यांत प्रकाशजनक परिणाम उत्पन्न करितां येतात, किंवा पाण्याचें पृथक्करण करून मिश्र वायूंस दोहों ध्रुवांकडे उत्पन्न करितां येतें; किंवा पृथग्भवन घडून दोन वायूंस वेगवेगळे एकेका ध्रुवापाशीं किंवा मिश्र वायूस दोन्हीं ध्रुवांपाशीं उत्पन्न करितां येतें.

प्रवर्तक वेटाळ्याचे प्रकाशजनक परिणामही फार चमत्कारिक असतात. हवेंत, निर्वातस्थळीं किंवा फार विरल अशा वायूंत किंवा वाफेंत हे परिणाम भिन्न भिन्न रीतीनें घडतात. वेटाळ्यापासून हवेंत फार तेजस्वी व मोठा आवाज करणारी ठिणगी उत्पन्न होते. अतिशय मोठ्या आकाराच्या वेटाळ्यापासून ही ठिणगी १$\frac{1}{2}$ फूट लांबीची निघते. निर्वातस्थळीं तर वेटाळ्याचे प्रकाशजनक परिणाम फार मनोवेधक व आश्चर्यकारक असतात. विद्युद्यंत्रानें निर्वातस्थळीं प्रकाशजनक परिणाम दाखविण्याकरितां जें विजेचें आंडें मागें घेतलें (आ० ४८ पहा), त्याच्या दोहों गजांस प्रवर्तक वेटाळ्याच्या तारेचीं **प, पं** हीं टोकें जोडिलीं, आणि प्रयोग केला, तर आंड्यांतील हवा काढून घेऊन त्यास निर्वात करितांच एका बोंडापासून दुसऱ्या बोंडाकडे फार सुंदर असा प्रकाशाचा लांबट झुबका उत्पन्न होतो, व तो बहुतेक कायम राहतो, व मोठ्या विद्युत् यंत्रानें उत्पन्न केलेल्या झुबक्या सारखाच फार तेजस्वी असतो. गोल किंवा आंडें यास निर्वात करण्यापूर्वीं त्यांत जर टर्पेंटाइन, काष्ठार्क, किंवा कार्बोन द्विसल्फाइड यांची थोडी वाफ सोडिली, आणि नंतर निर्वात केलें, तर अशा निर्वात केलेल्या गोलांतील वेटाळ्यानें उत्पन्न केलेला झुबका नीट न्याहाळून पाहिल्यास, तो सलग एकसारखा व एक जातीच्या प्रकाशाचा न दिसतां त्यांत काळे व पांढरे थर क्रमाक्रमानें असून दोहों ध्रुवांमध्यें अशा रंगीबेरंगी विद्युत् प्रकाशाची एक राशी झालेली दिसते. हा जो प्रकार दिसतो, यास विद्युत्प्रकाशाचें

स्तरीकरण (Stratification) ह्मणतात; प्रवाह एकसारखा सलग नसल्यामुळें हा प्रकार उत्पन्न होतो.

ज्या कांचेच्या नळ्यांत फार विरल वाफ किंवा फार विरल वायु आहे, अशा नळ्यांत प्रवर्तक वेटाळ्याची ठिणगी सोडिली, ह्मणजे विद्युत्प्रकाशाचें स्तरीकरण फार सुंदर व तेजस्वी दिसतें. याविषयीं **मेसन, ग्रोव्ह, ग्यासियट, प्लुकर** वगैरे विद्वानांनीं बंद केलेल्या कांचेच्या नळ्यांतून ठिणग्या सोडून अनेक शोध लाविले. **बान** येथील **जेस्लर** यानें या नळ्या प्रथम केल्या व त्या अद्याप याच्याच नांवानेंच प्रसिद्ध आहेत. निरनिराळ्या वायूंनीं व वाफांनीं या नळ्या प्रथम भरून नंतर त्यांतील वायूस किंवा वाफेस वाताकर्षकयंत्रानें काढून वैरल्य आणितात. नळ्यांच्या दोहों टोंकांत दोन प्लाटिनमधातूच्या तारा कांच वितळवून बसवितात; त्यांच्या योगानें प्रवर्तक वेटाळ्याची ठिणगी नळींत सोडितां येते. मुखपृष्ठावर पुस्तकाच्या आरंभीं दिलेल्या रंगीत आकृतीच्या पृष्ठावर डाव्या उजव्या बाजूस असलेल्या नळ्या व त्यांतील रंगीबेरंगी प्रकाश दाखविला आहे.

रहमकार्फ याच्या वेटाळ्याचीं दोन्हीं शेवटें नळीच्या दोन्हीं प्लाटिनमच्या तारांस जोडिलीं, ह्मणजे काळ्या रेषांनीं वेगळे झालेले असे फार सुंदर व तेजस्वी प्रकाशाचे थर दिसतात. ज्या मानानें नळींतील वायूचें वैरल्य असेल, नळींतील वायु किंवा वाफ यांचा जसा धर्म असेल, आणि नळीचा आकार लहान मोठा असेल, त्याप्रमाणें या थरांचा आकार, त्यांचा रंग, व त्यांचें तेज भिन्न असतात. विजेच्या ठिणगीनें कांचेंत जी तेजाची चमक उत्पन्न होते त्यानेंही कधीं कधीं प्रकाशाचें तेज वाढतें.

आरंभींच्या रंगित पृष्ठावरील उजव्या बाजूच्या नळींत विरल हैड्रोजन असल्यानें जे रंग दिसतात ते दाखविले आहेत. फुग्यांत फिकट निळसर रंगाचा प्रकाश दिसतो आणि केशाकृति नळींत लाल प्रकाश दिसतो.

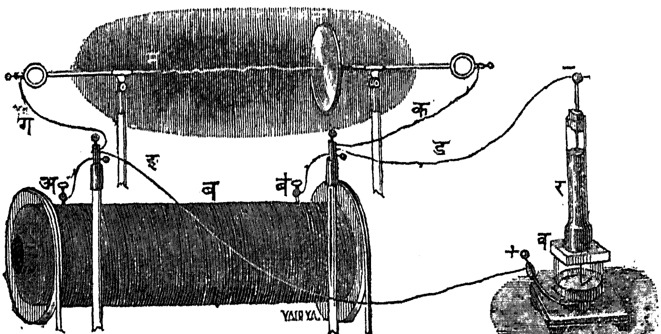
कार्बोनिक आसिडांत हिरवट रंग दिसतो; थराचा आकार हैड्रोजनांतल्या सारखा नसतो. आरंभींच्या पृष्ठाच्या डाव्या बाजूच्या नळींत विरल नैत्रोजनांत ज्या तऱ्हेचा प्रकाश दिसतो तो दाखविला आहे. यांत प्रकाश लालसर

जांभळा दिसतो. क्लोरीन वायूंत नळीच्या रुंदट भागांत लालसर जांभळा आणि फार अरुंद भागांत हिरवा प्रकाश दिसतो.

यांत्रिक परिणाम:—रहकार्फ याच्या वेटाळ्यानें यांत्रिक परिणामही घडतात व हे परिणाम इतक्या जोराचे असतात कीं अतिशय मोठ्या प्रवर्तक यंत्रानें दोन इंच जाडीच्या कांचेस भोक पाडतां येतें. तथापि हा परिणाम एकदांच एक ठिणगी सोडून घडत नाहीं. एकामागून एक अशा अनेक ठिणग्या सोडल्यानें हा परिणाम घडतो.

याकरितां प्रयोगाची रचना कशी करितात ती आकृती १७० मध्यें दाखविली

आ० १७०.



आहे. प्रवर्तितप्रवाहाचे दोन ध्रुव **अ** आणि **ब** ह्या स्क्रूंत आहेत; ह्मणजे दुसऱ्या बारीक तारेच्या वेटाळ्याचीं दोन्ही टोंकें या स्क्रूंस जोडिलीं आहेत. मागें ७० आकृतींत दाखविल्यासारखें कांचेस भोक पाडण्यास ज्या यंत्राचा उपयोग करावयाचा त्याच्या खालच्या भागास **अ** स्क्रू किंवा ध्रुव **इ** या तांब्याच्य तारेनें जोडला आहे; आणि दुसरा स्क्रू किंवा ध्रुव **ड** या तारेनें त्या यंत्राच्या वरच्या वाहकास जोडला आहे. हा वरचा वाहक **र** कांचेच्या नळींत सभोंवार वितळलेली लाख ओतून अलग केलेला आहे. दोहों वाहकांमध्यें भोक पाडण्याचा कांचेचा **व** तुकडा आहे. जर त्यांतून ठिणगी पार जाण्यास

कांचेपासून फार प्रतिबंध झाला तर वेटाळ्यांतच ठिणगी जाण्याचें भय असतें; आणि तसें झालें तर वेटाळ्याच्या थरांमध्यें जे लाखेचे थर असतात त्यांस भोकें पडून वेटाळें बिघडून जातें. हें टाळण्याकरितां वेटाळ्याच्या दोहों ध्रुवांस **ग, क** या तारांनीं **म** आणि **न** या दोन धातूंच्या दांड्यांस जोडतात, व त्यांमधील अंतर बेतानें ठेवितात. येणेंकरून कांचेस भोंक पाडून ठिणगी जाऊं शकली नाहीं, तर **म** आणि **न** या दांड्यामध्यें ठिणगी उत्पन्न होते, आणि मोठा आवाज होतो व वेटाळ्यास धक्का बसत नाहीं.

१३४. रूपांतरः—प्रवर्तक वेटाळ्याच्या कार्यावरून असें दिसतें कीं कमी जोराच्या विद्युच्छक्तीचें जास्त जोराच्या विद्युच्छक्तींत रूपांतर करण्याचें प्रवर्तक वेटाळें हें एक मोठें साधन आहे.

वेटाळ्याच्या मुख्य दोन भागांस उलट रीतीनें काम करण्यास लाविल्यास जास्त जोराच्या विद्युच्छक्तीचें कमी जोराच्या विद्युच्छक्तींत रूपांतर होईल. जर आपण गौण वेटाळ्याच्या बारीक तारेस जास्त जोराच्या विद्युच्छक्तीच्या उत्पत्तिस्थानास जोडिलें, तर मुख्य छोट्या वेटाळ्यांत प्रवर्तनानें कमी जोराचे प्रवाह उत्पन्न होतील.

विद्युच्छक्ति एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं नेण्याच्या कामीं याचा व्यावहारिक उपयोग करण्यांत आला आहे. विद्युच्चालकशक्ति व प्रवाहाचा जोर या दोहोंच्या गुणाकाराबरोबर विद्युत्कर्तृत्वशक्ति असते, असें आपणास समजलें आहे व ही शक्ति **वाट** किंवा **व्हाल्ट अम्पियर** या मापानें मापितात. जर आपणास विवक्षित **वाट** विद्युच्छक्ति अंतरावर नेणें असेल, तर कमी विद्युच्चालक-शक्तीच्या मोठ्या परिमाणाच्या प्रवाहास नेऊन, किंवा मोठ्या विद्युच्चालक-शक्तीच्या निःशक्त प्रवाहास नेऊन साध्य करितां येईल. उदाहरणार्थ, जर आपणास ५०,००० वाट विद्युच्छक्ति नेणें आहे, तर १००० व्हाल्ट विद्युच्चालकशक्तीचा ५० अंपियरचा प्रवाह नेल्यानें, किंवा ५० व्हाल्ट विद्यु-च्चालकशक्तीचा १००० अंपियरचा प्रवाह नेल्यानें काम होईल. परंतु १००० अंपियरचा प्रवाह नेण्यास फारच जाडीची तार लागेल, ह्मणून असें करणें वस्तुतः अशक्य होईल. ह्मणून ५० अम्पियरचा प्रवाह बारीक तारेंतून नेणें सोयीचें होईल. परंतु १००० व्हाल्ट विद्युच्चालकशक्तीचे प्रवाह फार

भयंकर असतात. मुख्यत्वें असे प्रवाह इमारतींस अपायकारक असतात. ह्मणून असे प्रवाह पातळ तारेच्या वेटाळ्यांतून नेऊन त्यांचें रूपांतर करण्याचा उपयोग अशा वेळीं होतो. प्रवाहास बारीक तारेंतून नेऊन, ज्या ठिकाणीं प्रवाहाचा उपयोग करणें असेल, त्या ठिकाणीं रूपांतर करणाऱ्या अशा वेटाळ्यांत सोडतात कीं तेणेंकरून आपणास हवा तसा सोयीचा प्रवाह मिळेल.

१३५. चुंबकांनीं प्रवर्तितप्रवाहांचें गरगरां फिरणें:—डि ला रिव्ह यानें असा एक प्रयोग केला कीं, तेणेंकरून साधारण फिरत्या वाहकावर ज्या नियमांनीं चुंबकांचीं कार्यें घडतात, त्याच नियमांनीं जेसलरच्या रिक्त नळ्यांतील प्रकाशावर चुंबकांचीं कार्यें घडतात, हें फार सुंदर रीतीनें दाखवितां आलें.

मुखपृष्ठावर ज्या तीन आकृति दिल्या आहेत त्यांतील मधल्या आकृतींत या प्रयोगाची रचना दाखविली आहे. यांत बुडाशीं **म** हा विद्युच्चुंबक आहे. याच्या लोखंडी टोंकावर धावडी लोखंडाचा गज उभा असून त्याच्या माथ्यावर एक लोखंडी पत्र्याचा तुकडा **अ** आहे. **अ** पत्र्याशिवाय बाकीचा लोखंडी गज अगदीं अलग केलेल्या अशा कांचेच्या नळींत घातलेला आहे. बैठकीवरील **क** या स्क्रूशीं हा गज वाहकानें जोडलेला आहे. हा सर्व वरील भाग विजेच्या अंड्याच्या गोलांत बसविलेला असून ज्या पितळेच्या नळींत कांच असलेली कांचेची नळी बसविली आहे ती पितळेची नळी अंड्याशीं वाहकानें जोडलेली आहे. विजेच्या अंड्याच्या माथ्यावरील काकनें अंड्याच्या गोलास निर्वात करितां येतें, आणि निर्वात केल्यावर गोलांत आल्कोहोलाचे चार थेंब घालतां येतात.

तळाच्या विद्युच्चुंबकांत विद्युत्प्रवाह न सोडतां, जर प्रवर्तक वेटाळ्याच्या तारा **ह** व **क** या स्क्रूंस जोडिल्या, तर अनियमित आकाराचा थोडासा तेजस्वी असा प्रकाशाचा लोळ **अ** पत्र्यापासून नळीच्या बुडावरच्या **ड ड** या पितळी बैठकीकडे जातो.

परंतु जर विद्युत्प्रवाह **म** विद्युच्चुंबकांत सोडिला, तर लागलेच देखाव्याचें रूप बदलतें. वरच्या पृष्ठभागाच्या निरनिराळ्या बिंदूंपासून प्रकाश न निघतां प्रकाश निबिड होऊन त्याची एक प्रकाशमान कमान बनते; आणि ही कमान

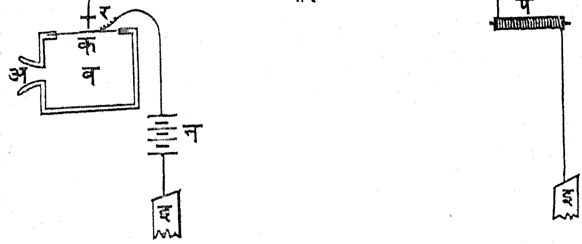
प्रवाहाची दिशा यांवर कमानीच्या फिरण्याची दिशा अवलंबून असते. विद्यु-चुंबकांतील कांबीचें चुंबकत्व जातांच पुनः पूर्ववत् देखावा दिसूं लागतो.

अरोरा बोरियालिस ह्मणजे **उत्तरस्थ अरुणा**मध्यें पूर्वेकडून पश्चिमेकडे जी एक प्रकारची वर्तुळाकार गति असते, तिचें कारण भूचुंबकाचें कार्य असावें हें दाखविण्यासाठीं **डि ला रिव्ह** यानें हा विलक्षण प्रयोग योजिला होता. चुंबकांनीं विद्युत्प्रवाहांस जशी चक्राकार गति मिळते (क० १०७) त्याच रीतीनें वरील प्रयोगांत प्रकाशाच्या कमानीस चक्राकार गति मिळते हें उघड आहे.

१३६. तिरोभणणः—विद्युच्चुंबक लोखंडी धारकास आकर्षण करितो व त्याच्या योगानें एका ठिकाणचे ध्वनि दुसऱ्या ठिकाणीं उठवून दोन ठिकाणांमध्यें तारेच्या योगानें परस्पर बातमी कशी पाठवितां येते याचें वर्णन मागें क० ११९ यांत केलें. त्या ठिकाणीं जरी सर्व ध्वनि सारखेच उठतात, तरी त्यांचा काळ जास्त कमी करून ऱ्हस्व व दीर्घ अशा ध्वनींच्या योग्य संयोगानें नियमित अर्थाच्या खुणा एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं पाठवितां येतात असें दाखविलें.

आलीकडे जें एक नवीन यंत्र शोधून काढण्यांत आलें आहे तें या जुन्या यंत्राची पुढची पायरी दिसते. यांतील मुख्य तत्वें फार साधीं आहेत, याची रचना फार सुलभ आहे, याच्या योगानें आजपर्यंत जें काम करून घेतां आलें त्याचें महत्व व त्याची व्यावहारिक उपयुक्तता फार आहे; व याचा पुढें आणखी जास्त उपयोग करून घेतां येईल अशी आशा आहे. यास्तव अर्वाचीनकाळीं जे अनेक शोध लागले त्या सर्वांत हा शोध फार आश्चर्यकारक असून महत्वाचा आहे असें खचित मानलें पाहिजे.

विद्युल्लतेच्या योगानें दूर अंतरावर वाद्याचा मधुर ध्वनि नेण्यास **रीस** यानें यत्न केला व त्यास सन १८६२ सालीं प्रथम यश आलें. त्यानें ज्या यंत्राचा त्या वेळीं उपयोग केला तें यंत्र स्थूलमानानें आकृति १७१ मध्यें दाख-



विलें आहे. या आकृतींत दाखविल्यासारखी त्या यंत्रांत **ब** ही एक पेटी होती; व तिच्या बाजूंत **अ** हा बोलण्याचा करणा होता व तिच्या दुसऱ्या बाजूवर पातळ त्वचा होती. या त्वचेवर **क** हा एक धातूचा पातळ वर्ख होता व त्यास **न** या विद्युन्मालेच्या एका ध्रुवास जोडलेली तार जोडलीं होती; आणि मालेच्या दुसऱ्या ध्रुवाचा पृथ्वीशीं **इ** ठिकाणीं संगम केला होता (क्र० ११६ पहा). या वर्खावर बहुतेक यास लागूनच मार्गाच्या तारेस जोडलेलें **र** हें एक अणकुचीदार टोंक बसविलेलें होतें. येथून कांहीं अंतरावर एका लोखंडी दांड्याभोंवती मढविलेली तार गुंडाळून केलेला **प** विद्युच्चुंबक होता. याच्या तारेचें एक टोंक मार्गाच्या तारेस जोडलें होतें व दुसरें टोंक पृथ्वीस **इ** ठिकाणीं जोडलें होतें.

पेज यानें ध्वनीच्या उत्पत्तीविषयीं असें अनुमान काढिलें होतें कीं मढविलेल्या तारेनें गुंडाळलेल्या लोखंडी दांड्यांत विद्युत्प्रवाह थांबून थांबून सोडून चुंबकत्व आणिलें व तत्काळ घालविलें, तर सुस्वर ध्वनि उत्पन्न होतो व हवेनें भरलेल्या पेटीवर त्यास ठेविल्यानें ध्वनि मोठा होतो. या अनुमानाप्रमाणेंच **रीस** याच्या यंत्रांतील ध्वनीची उत्पत्ति होते.

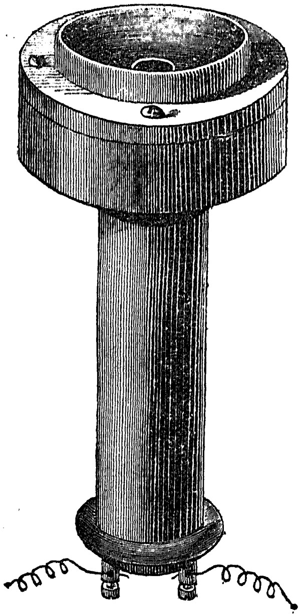
अ करण्यांत बोललें किंवा एकादी चीज रागदारींत म्हटली, तर पेटीच्या वरच्या तोंडावरील स्थितिस्थापक त्वचा कंपित होते. या कंपनानें धातूचा

व भंग मंडलांतून **प** विद्युच्चुंबकांस पोंचतात आणि ध्वनि उत्पन्न होतो.

आतां ज्या दूर ध्वनियंत्राचें किंवा तिरोभणण यंत्राचें वर्णन करणार आहों तें याहून फार साधें असून यानें काम फार चांगलें होतें व शिवाय यास विद्युन्मालेची जरूर लागत नाहीं.

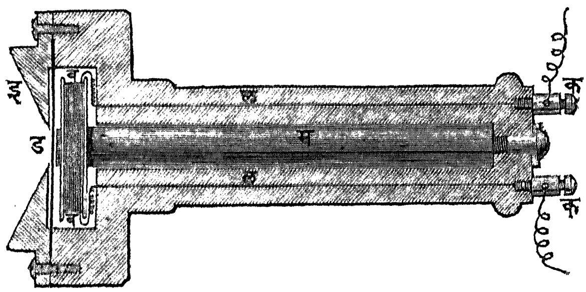
बोस्टन येथील **ग्रेहाम** यानें हें शोधून काढिलें. प्रस्तुतचा साधा आकार मिळेपर्यंत ज्या क्रमाक्रमानें अनेक सुधारणा झाल्या, त्यांविषयीं कांहीं न सांगतां एकदम हल्लीं प्रचारांत असलेल्या यंत्राचें वर्णन करूं. याचा साधारणपणें जो आकार असतो त्याच्या निम्मे आकाराचें यंत्र आ० १७२ मध्यें दाखविलें आहे आणि आकृति १७३ मध्यें त्याच्या रचनेंतील सर्व भाग दाखविले आहेत.

आ० १७२.



यांत **म** पोलादीचुंबक हा मुख्य भाग असतो. हा सुमारें ४ इंच लांब

आ० १७३.



व अर्धा इंच जाड असून एका लांकडी नळींत बसविलेला असतो. या चुंब-काच्या एका टोंकाभोंवती एक बब हें रेशमानें मढविलेल्या बारीक तारेचें चपटें वेटाळें असतें. या वेटाळ्याच्या तारेचीं दोन्हीं टोंकें लांकडी पेटीच्या दोहों बाजूंस असलेल्या दोन लांबट ल, ल भोंकांतून दुसऱ्या बाजूकडे नेऊन क, क या स्क्रूस जोडलेलीं आहेत. चुंबकापुढें कांहीं नियमित अंतरावर (हें अंतर दुसऱ्या बाजूस असलेल्या स्क्रूनें जास्त कमी करून हवें तितकें ठेवितां येतें. व हें अंतर १ सहस्रांश मात्रेपेक्षां कमी असतें) धावडी लोखंडाचा फार पातळ असा ड पत्रा असतो; व हाच या यंत्राचा विशेष महत्वाचा भाग होय. हा पत्रा पत्रें लिहिण्याच्या कागदा इतका पातळ असून लांकडी नळीच्या तोंडावर इ या बोलण्याच्या करण्यानें गच्च बसविलेला असतो. हा करणा स्टेथोस्कोपच्या (शरीराच्या अवयवांतील ध्वनि ऐकण्याची लांकडी नळी) करण्यासारखा परंतु त्याहून थोडा मोठा असतो.

असलीं दोन यंत्रें तारांनीं परस्पर जोडितात. एक तार एका यंत्रापासून दुसऱ्या यंत्रापर्यंत गेलेली असते आणि साधारण तारायंत्रांतल्याप्रमाणें दुसऱ्या तारेचा संगम पृथ्वीनें करितात. प्रत्येक यंत्राचा प्रेषकाप्रमाणें किंवा ग्राहका-प्रमाणें उपयोग करितां येतो. परंतु प्रत्यक्ष प्रचारांत कानापाशीं धरून ऐकण्यासाठीं एक व बोलण्यासाठीं एक अशीं दोन यंत्रें बातमी पाठविणारा-पाशीं व घेणारापाशीं असतात.

चुंबक आणि सलग असें तारेचें वेटाळें यांचीं परस्पर स्थानें बदललीं (१२५), ह्मणजे वेटाळ्यांत एक किंवा अधिक प्रवाह उत्पन्न होतात, याच

तत्वावर या यंत्राचें कार्य अवलंबून असतें. आ० १६० मधील प्रयोग मनांत आणिले ह्मणजे हें लक्षांत येईल. वेटाळ्यांत एकाएकीं चुंबक घातला कीं वेटाळ्यांत एका विशेष दिशेनें वाहणारा प्रवाह उत्पन्न होतो; आणि जोंपर्यंत चुंबक वेटाळ्यांत स्थिर असतो तोंपर्यंत प्रवाह नसतो. परंतु चुंबकास वेटाळ्यांतून एकाएकीं काढिलें ह्मणजे पुनः पूर्वींच्या उलट दिशेनें वाहणारा प्रवाह उत्पन्न होतो. चुंबक वेटाळ्यांत असतां जर कांहीं युक्तीनें चुंबकाचें चुंबकत्व वाढविलें किंवा कमी केलें तरी याच तऱ्हेचे प्रवाह उत्पन्न होतात.

तिरोभणण किंवा दूर ध्वनियंत्रांत चुंबक आणि वेटाळें यांस एकदां बरोबर बसविलें, ह्मणजे दोन्ही स्थिर असतात. परंतु **म** हा चुंबक आपल्या समोरील **ड** या लोखंडी पत्र्यास प्रवर्तनानें चुंबित करितो; ह्मणजे हा पत्रा प्रवर्तनानें चुंबक होतो. करण्यांतून या पत्र्यावर बोललें ह्मणजे बोलणाराच्या ध्वनीनें ज्या नादलहरी उत्पन्न होतात त्यांच्या योगानें हा पत्रा अंगच्या स्थितिस्थापकतेमुळें पुढें मागें हेलकावे खातो किंवा कंपित होतो. येणेंकरून हा पत्रा चुंबकाच्या जवळ पुढें जातो व त्यापासून मागें येतो. यामुळें मूळ चुंबकांतील चुंबकत्वांत फेरफार होतात. यांचा परिणाम असा घडतो कीं चुंबकाच्या ध्रुवासभोंवती जें वेटाळें आहे त्याच्या तारेंत उलट सुलट प्रवाह उत्पन्न होतात. चुंबित झालेला पत्रा या वेटाळ्यापासूनही दूर जातो व त्याजवळ येतो. ह्मणून या स्थलांतरानें वरच्या सारखेच त्याच दिशांत आणखी प्रवाह प्रवर्तित होतात. हे प्रवाह तारेंतून दुसऱ्या ठिकाणच्या यंत्रांतील वेटाळ्यांत जातात; आणि त्यांतील लोखंडी पत्र्यास आकर्षण करितात व नंतर आकर्षण करीत नाहींत. येणेंकरून हा पत्रा कंपित होतो आणि यंत्राचा करणा कानापाशीं धरिला ह्मणजे मूळच्या ध्वनी सारखेच ध्वनि उत्पन्न होऊन ऐकूं येतात. ह्मणून प्रेषक यंत्रांतील पत्रा ज्या ध्वनीनें कंपित होतो तोच ध्वनि दुसऱ्या यंत्रांत ऐकूं येतो. कारण मूळचींच कंपनें थेट या पत्र्यांत पुनरपि उत्पन्न होतात.

उच्चाराच्या मानानें ग्राहकयंत्रांत ध्वनीची पुनरुक्ति जरी पूर्ण असते, तरी ध्वनि फार निःशक्त होतो. या ध्वनीच्या अंगीं कांहीं धातुविशिष्ट धर्म असतो, आणि तो एका लांब नळींतून ऐकल्या सारखा वाटतो. ग्राहकानें यंत्राचा कर्णा अगदीं कानाजवळ धरिला, तर मात्र त्यास ध्वनि समजतो.

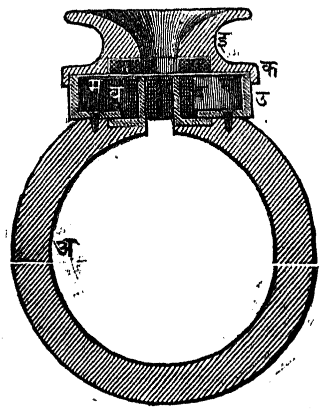
ह्मणून दूर ठिकाणच्या आफिसांतील लोकांस इशारा देण्याकरितां विद्युद्-घंटेचा उपयोग करितात, आणि इशारा देण्याकरितां मंडलांत तिला घेऊन चुंबकजन्य विद्युद्यंत्रानेंच वाजवितात. सर्व खोलींत ऐकूं येण्याजोगा ध्वनि मोठा करण्याची कांहीं तरी युक्ति निघेल, अशी आशा आहे. ज्या मार्गांत पुष्कळ तारा असून जेथें तिरोलेखन यंत्रानें बातमी पाठविण्याचें काम झपाट्यानें चालतें, अशा तारेंतून या यंत्रानें दूर अंतरावरच्या मनुष्याशीं बोलतां येत नाहीं. शेजारच्या तारांतून विद्युत् प्रवाह जात असले, किंवा ज्या खांबावर तारा टेंकतात, त्यांवर त्या हेलकावे खात असल्या, तर त्यांच्या योगानें तिरोभणण यंत्राच्या मंडलांत एकसारखे हेलकावे उत्पन्न होतात, व अशा स्थितींत तिरोभणणयंत्र कानाशीं धरिलें ह्मणजे गारा पडत असतां जसा पटपट आवाज होतो, त्यासारखा आवाज सतत ऐकूं येतो, व त्यामुळें बोललेल्या शब्दाचा ध्वनि बरोबर ऐकूं येत नाहीं. दोन तारांची वळून दोरी केली, व तसल्या दोरीचा जर तिरोभणण मंडलाकरितां उपयोग केला, आणि असली एक तार प्रवाह जाण्यास व दुसरी परत येण्यास अशा दोन तारा घेतल्या, तर हा दोष कमी होतो. या दोन्हीं तारा बाह्यक्षोभक कारणांपासून सारख्या अंतरांवर असतात, ह्मणून त्या क्षोभक कारणांचा परिणाम दोन्हीं दिशांनीं सारखा घडून परस्पर नाश पावतो. तिरोभणण यंत्राची मर्यादा किती आहे, याचा अद्याप बरोबर निर्णय झाला नाहीं. **हिंदुस्थानांत** ५०० मैल अंतरांतून परस्पर बोलतां येतें. आणि १५० मैल अंतरांवर श्वासोश्वास सुद्धां ऐकतां येतो. अमेरिकेंत ७३० मैल अंतरावर असलेले दोघे गृहस्थ एकमेकांशीं बोलूं शकतात. फ्रान्स देशांत **पारीस** आणि **मार्सेल्स** या दोन स्थळीं असलेल्या मनुष्यांस ह्मणजे ५०० मैल अंतरावर परस्पर बोलतां येतें. इंग्लंडांत मात्र तेथील विशेष प्रकारच्या हवेमुळें इतक्या अंतरावर या यंत्रानें बोलतां येत नाहीं. परंतु **मांचेस्टर** आणि **लंडन** या दोहोंमध्यें १७० मैल अंतर आहे, व या दोन स्थळीं या यंत्रानें परस्पर बोलतां येतें. **ब्रुसेल्स** पासून **डोव्हर** येथें आस्टेंडच्या मार्गानें या यंत्रानें खुणा पाठवितां येतात. या अंतरापैकीं ८० मैल अंतर जमिनीवरून आहे, आणि बाकी ६२ मैल अंतर समुद्रांतून असल्यामुळें समुद्रांत टाकलेल्या रज्जूंतून प्रवाह जातो.

बाजाची पेटी वाजत असतां तिरोभणण यंत्राचा करणा तिजवर ठेविला, किंवा उघड्या पियानोवर या यंत्राचा करणा धरिला, तर दोहोंचेही सुस्वर दूर अंतरावरच्या ग्राहक यंत्रांत उत्पन्न होतात.

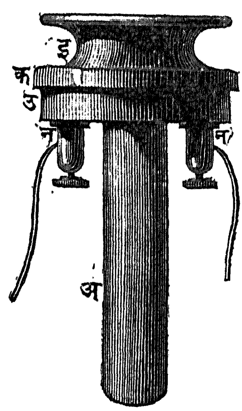
पाण्यांत बुडालेल्या पानबुड्यांशीं बोलण्यासही या यंत्राचा उपयोग चांगला करितां येतो. शास्त्रीय शोधांमध्यें विद्युन्मापकाप्रमाणेंही याचा उपयोग करण्यांत आला आहे. ज्या प्रवाहांचें कार्य अत्यंत सूक्ष्म अशा साधारण विद्युन्मापक यंत्रावर होत नाहीं, अशा निःशक्त प्रवाहांचें अतित्व ही या यंत्रानें समजतें. लढाईच्या कामांत याचा उपयोग किती करितां येईल, याविषयीं जे प्रयोग करण्यांत आले, त्यावरून लष्करी कामांत याचा फार उपयोग होईल, अशी आशा उत्पन्न झालेली आहे. एकंदरींत या यंत्राचें सामर्थ्य कळूं लागण्यास आतां नुक्ता आरंभ झाला आहे, यास्तव याचा पुढें फार उपयोग होणार यांत संशय नाहीं.

फ्रान्स देशांत **आडर** यानें शोधून काढलेल्या तिरोभणण यंत्राचाच फक्त उपयोग करितात. या यंत्रांत वर्तुळाकार आकाराचा **अ** चुंबक असतो, व त्याचाच उपयोग हातांत धरण्यासही होतो (आ० १७४।१७५ पहा).

आ० १७४.



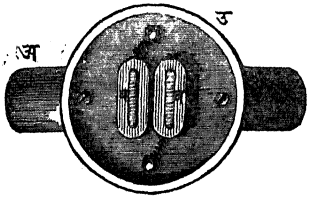
आ० १७५.



हेंच या यंत्राचें मुख्य लक्षण आहे. याशिवाय यांत **क्ष क्ष** हें धावडी लो-

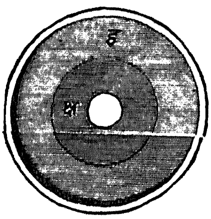
खंडाचें कंकणही असतें (आ० १७४।१७७ पहा). त्याचा उपयोग धारका-

आ० १७६.



प्रमाणें होतो, व त्याच्या योगानें चुंबक-कार्य वाढतें. प्रवर्तित वेटाळें एकच नसून **ब, ब** अशीं दोन असतात (आ० १७४।१७६ पहा), आणि प्रत्येक वेटाळें चुंबकाच्या प्रत्येक ध्रुवांसभोंवतीं गुंडाळलेलें असतें. पुढें मागें सरणारा पत्रा **म** (आ० १७४ पहा) दोहों ध्रुवांसमोर आणि त्यांच्या अगदीं लगत असतो. **इ** हा बोलण्याचा किंवा ऐकण्याचा करणा

आ० १७७.



एबनाइटचा केलेला असतो. **बेल** याच्या तिरोभणण यंत्राप्रमाणेंच या यंत्राचा उपयोग बातमी पाठविण्यास व घेण्यास ह्मणजे बोलण्यास किंवा ऐकण्यास करितां येतो.

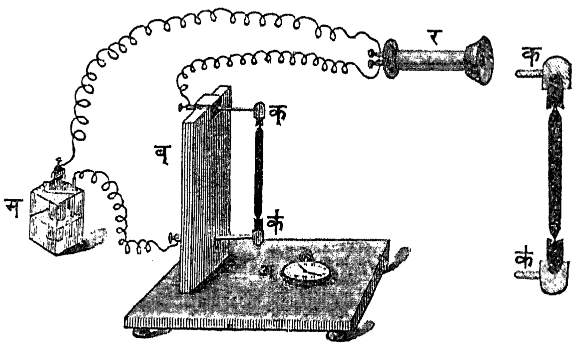
तिरोभणण यंत्रांतील कंपन पावणाऱ्या पत्र्याचीं कंपनें अत्यंत थोड्या अंतरांतून होतात. असा अंदाज करण्यांत आला आहे कीं, हीं कंपनें ज्या अवकाशांतून घडतात, तो अवकाश १/२,००,००० इंचाहून जास्त नसतो. जे प्रवाह उत्पन्न होतात, त्यांचा जोरही फार थोडा असतो. हा जोर १/१,००,००० अम्पियरपेक्षां जास्त असत नाहीं.

तिरोभणण यंत्रानें ज्या अंतरावरच्या मनुष्याशीं बोलतां येतें, तें अंतर यंत्राच्या जातीपेक्षां तारेच्या स्वरूपावर जास्त अवलंबून असतें. लोखंडापेक्षां चुंबनीय नाहीं, अशी तांब्याची तार या कामास फार उपयोगी पडते. दूर अंतरावर प्रवाहाचा जाण्याचा वेग तारेच्या व्यासाच्या प्रमाणांत असतो.

१३७. सूक्ष्मभणण किंवा सूक्ष्मश्रावकः—हें यंत्र प्रोफेसर **ह्युघीस** यानें शोधून काढिलें. जे ध्वनि साधारणतः कानास ऐकूं येण्याजोगे नसतात, ते ध्वनि या यंत्रानें ऐकूं येतात. याची रचना फार साधी असते.

शोधकानें हें यंत्र ज्या आकाराचें प्रथमतः केलें होतें, त्या आकाराचें आकृति १७८ मध्यें दाखविलें आहे. **अ** या एका लांकडी बैठकीवर **ब** हा एक उभा

आ० १७८.



लांकडी तुकडा बसविलेला आहे, व त्यांत वर खालीं दोन पितळेचे लांब स्क्रू आहेत; व त्या स्क्रूंच्या दुसऱ्या टोंकांवर **क, क** हीं पितळी टोपणें आहेत व या टोपणांत दोन कोकचे तुकडे बसविलेले आहेत. या कोकच्या तुकड्यांस खळग्या असून आकृतीच्या उजव्या बाजूस दाखविल्याप्रमाणें त्या खळग्यांमध्यें एक कोकचा टोंकें असलेला लहान गज सैल बसविलेला आहे. हें यंत्र तिरोभणण यंत्रमंडलांत घेऊन **म** या विद्युत् चक्राशीं जोडलें, म्हणजे यंत्राच्या बैठकीवर अगदीं सूक्ष्म आवाज जो जवळच्या मनुष्यास सुद्धां ऐकूं येणार नाहीं, असा उत्पन्न केला तर तो तिरोभणण यंत्रांत स्पष्ट ऐकूं येतो. उदाहरणार्थ, बैठकीवर खिशांतलें घड्याळ ठेविलें, तर त्याची टिकटिक स्पष्ट ऐकूं येते. तसेंच पेन्सिलीनें बैठकीवर रेघ काढली, किंवा एखादी माशी बैठकीवरून सरपटत असली, तरीही त्यांचे ध्वनि स्पष्ट ऐकूं येतात. या यंत्राचें कार्य खालीं लिहिल्याप्रमाणें घडत असावें, असें वाटतें:—विद्युन्मंडलांत दोन अपूर्ण वाहक सैल म्हणजे एकमेकांस अर्धवट लागलेले असे ठेविले, तर त्यांच्या स्पर्शांत लहरीच्या किंवा कंपनाच्या योगानें जो फेरफार उत्पन्न होईल, त्याच्या योगानें मंडलांतील प्रतिबंधांतही फेरफार होतो, व या फेरफारामुळें प्रवाहाच्या जोरांतही तितकाच तत्काळ विकार घडतो.

या विकारांनीं जें तिरोभणण यंत्र ऐकण्यास घेतों, त्याच्या पत्र्यांतही त्याच मानानें त्याच प्रकारचें कंपन उत्पन्न होतें.

कोणत्याही यंत्रापासून उत्तम परिणाम घडण्यास अनेक प्रयोग करून कोकचा तुकडा किती सैल ठेविला पाहिजे हें बरोबर काढावें लागतें; आणि ज्या विशेष कारणांकरितां यंत्राचा उपयोग करणें असेल, त्याप्रमाणें यंत्राचा आकारही बदलावा लागतो. कित्येक वेळां फार सूक्ष्मतेची जरूर असते, व कित्येक वेळां फार अंतरावर ध्वनि ऐकूं जाण्याची अपेक्षा असते. यंत्राच्या भागांचे दुसऱ्या आगंतुक कारणांनीं आंदोलन होऊं नये, ह्मणून यंत्राची बैठक रबरी नळ्यांवर किंवा गादीवर बसवावी लागते.

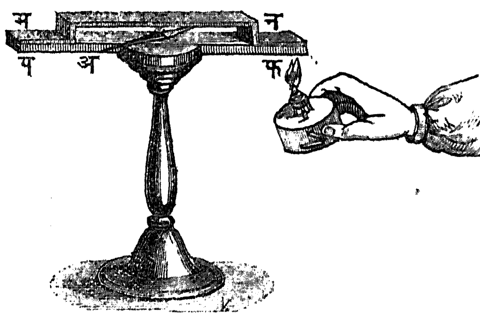
हल्लीं बातमी पाठवितांना सूक्ष्मश्रावकाचाच प्रेषकाप्रमाणें उपयोग करितात; आणि याकरितां हें यंत्र एका पेटींत घालून तिच्यावरच्या बाजूस एबनाइटचा पातळ पत्रा बसवितात. व या पत्र्याच्या आंतल्या बाजूसच सूक्ष्मश्रावक बसवितात. यांत मध्यें एक कोकचा चपटा वर्तुळाकार तुकडा असून त्यास त्याच्या परिघांत ५।६ खळग्या पाडतात, व त्या खळग्यांत वर्तुळाच्या त्रिज्यांप्रमाणें आकृतींत दाखविल्यासारख्या ५।६ कोकच्या कांड्या बसवितात, आणि यंत्र विद्युच्चक्रास व तिरोभणण यंत्रास जोडितात. यंत्राच्या पत्र्यावर बोललें ह्मणजे तो कंपित होतो, व त्या कंपनानें कार्बानच्या तुकड्यांचा संयोग जास्त कमी होऊन प्रवाहाच्या जोरांत फेरफार होतो, आणि येणेंकरून विकृत झालेला प्रवाह तिरोभणण यंत्रांत जाऊन तेथें तेच शब्द व तेच ध्वनि उत्पन्न होतात.

प्रकरण १३ वें.

उष्णताजन्य विद्युत्प्रवाह.

१३८. उष्णताजन्यविद्युत्ः—दोन भिन्न भिन्न धातूंच्या कांबी घेऊन त्यांचीं टोंकें धातूच्या दोन तुकड्यांनीं जोडून एक चौक केला, आणि एक सांधा उष्ण केला तर विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो, असें **बर्लीन** येथील प्रोफेसर **सीबेक** यास सन १८२१ सालीं आढळलें. हा प्रयोग आकृति १७९ मध्यें दाखविलेल्या

आ० १७९.



यंत्रानें करितां येतो. यांत **मन** ही तांब्याची पट्टी दोहों टोंकांकडे वांकवून **पफ** या बिस्मथ धातूच्या पट्टीस डाकानें जोडिली आहे. या चौकाच्या अंतर्भागीं एका टोंकावर फिरता असा **अ** चुंबककांटा आहे. हें यंत्र चुंबक याम्योत्तरांत ह्मणजे चुंबककांटा दक्षणोत्तर राहील, असें ठेविलें, आणि एका बाजूच्या **फ** सांध्यास मद्यार्काच्या दिव्यानें उष्ण केलें, तर कांटा आपलें उत्तर दक्षिणस्थान सोडतो, व त्यावरून प्रवाह **न**पासून **म**कडे ह्मणजे उष्ण सांध्यापासून थंड सांध्याकडे वाहतो, असें सिद्ध होतें. सांध्यास उष्ण न करितां **फ** सांध्यास त्यावर बर्फ किंवा ईथरांत भिजविलेला कापूस ठेंवून शीत केलें, आणि दुसरा सांधा साधारण उष्णमानावरच राहिला, तरीही प्रवाह उत्पन्न होतो, व कांटा स्थान सोडतो. परंतु या वेळीं प्रवाह पहिल्याच्या उलट ह्मणजे **म**पासून **न**कडे असतो. दोनही वेळीं प्रवाह जास्त उष्णभागापासून कमी उष्णभागाकडेच वाहतो; आणि ज्याप्रमाणें दोहों सांध्यांच्या उष्णमानांत जास्त कमी अंतर असेल, त्याप्रमाणें प्रवाह जास्त कमी जोराचा असतो.

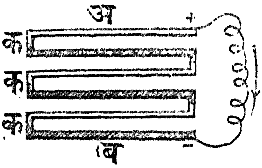
सीबेक यानें या प्रवाहास व या चक्रास **उष्णताजन्य विद्युत्प्रवाह** आणि **उष्णताजन्य विद्युच्चक्र** अशीं नांवें दिलीं; व येणेंकरून यास रसायनजन्य विद्युत्प्रवाह व चक्र यांपासून ओळखतां येतें.

१३९. उष्णताजन्य विद्युन्मालाः—दोन भिन्न भिन्न धातूंच्या लहान लहान कांबी घेऊन त्यांचीं एके बाजूचीं टोकें डाकानें जोडिलीं, व दुसऱ्या टोंकांस तारा जोडून त्या तारा विद्युन्मापकास जोडिल्या, आणि दोहों धातूंचा एक सांधा उष्ण केला, तर विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो, आणि त्याची दिशा विद्युन्मापकांतील कांट्याच्या स्थलांतरावरून समजते (आ० १८० पहा).



करता येईल की, त्यापैकी प्रत्येक धातूचा पुढील धातूशीं संगम केला, ह्मणजे धनविद्युत् उत्पन्न होते, व मागील धातूशीं संगम केला ह्मणजे ऋणविद्युत् उत्पन्न होते. रसायनजन्य विद्युच्चक्रांत ज्याप्रमाणें धनधातूपासून ऋणधातूकडे द्रवांतून प्रवाह जातो, त्याचप्रमाणें यांतही सांध्यास उष्ण केल्यानें धनधातूपासून सांध्यांतून

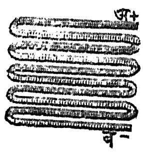
आ० १८१.



ऋणधातूकडे प्रवाह जातो; आणि चक्राच्या बाहेरील तारेंत रसायनजन्य चक्राप्रमाणेंच ऋणधातूपासून धनधातूकडे जातो. रसायनजन्य चक्रांतील द्रवाचें काम या चक्रांतील सांधा करितो. ह्मणून सल्फ्युरिक आसिडांत जस्त आणि तांबें बुडवून जसें चक्र होतें, त्याचप्रमाणें बिस्मथ आणि अंटिमनी या दोन धातूंच्या कांबीस एके बाजूस सांधून सांधा उष्ण केल्यानें यांचें चक्र होतें. आकृति १८१ मध्यें अशा तऱ्हेच्या चक्रांची माला दाखविली आहे.

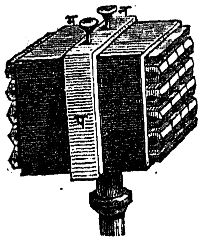
१४०. नोबिलीची उष्णताजन्य विद्युन्मालाः—थोड्या अवकाशांत पुष्कळ चक्रें राहण्याजोगी **नोबिली** यानें उष्णताजन्यमाला काढिली. याकरितां अंटिमनी आणि बिस्मथ या धातूंच्या तुकड्यांच्या जोड्या वर सांगितल्याप्रमाणें जोडून आकृति **१८२** मध्यें दाखविल्याप्रमाणें त्यांची त्यानें एक

आ० **१८२.**



पंक्ति केली. नंतर याच तऱ्हेची एवढीच दुसरी एक पंक्ति करून पहिल्या पंक्तींतील खालची बिस्मथची **ब** कांब दुसऱ्या पंक्तींतील शेवटल्या अंटिमनीच्या **अ** कांबीस जोडिली. या पंक्तींतील शेवटची बिस्मथची कांब तिसऱ्या पंक्तींतील अंटिमनीच्या कांबीस व यांतील बिस्मथची कांब चवथ्या पंक्तींतील अंटिमनीच्या कांबीस याप्रमाणें चार पंक्तींस परस्पर जोडून माला तयार केली. नंतर दोहों पंक्तींमध्यें व्हार्निस लाविलेले जाड कागदाचे तुकडे घालून चारी पंक्तींस परस्परांपासून विद्युत्स्थापित करून एकावर एक असें बसविलें,

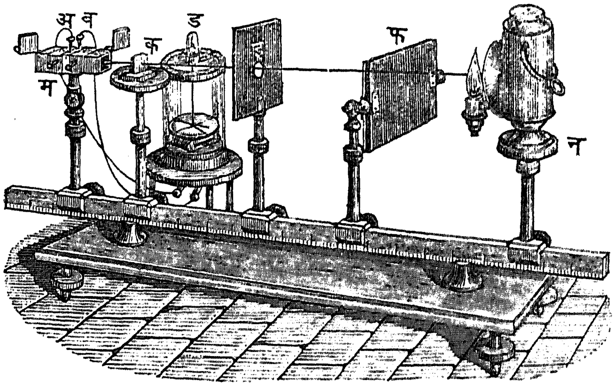
आ० १८३.



आणि चोहोंच्या सांगडीस सभोंवार एक जाड पुठ्याचा कागद लावून तांब्याच्या **प** या पट्टीनें आवळिलें. तेव्हां फक्त त्यांचे सांधे मात्र दोहों बाजूंस मोकळे राहिले (आ० १८३ पहा). हस्तिदंती नळ्यांत **म, न** हे दोन स्क्रू तांब्याच्या पट्टींत बसवून त्यांपैकीं **म** स्क्रूस पहिल्या पंक्तींतील अंटिमनीचा तुकडा जोडिला व तो धनध्रुव झाला; आणि **न** स्क्रूस चवथ्या पंक्तींतील मोकळा राहिलेला शेवटला बिस्मथचा तुकडा जोडिला व तो ऋणध्रुव झाला. मालेचा प्रवाह पाहणें असेल तेव्हां या दोन स्क्रूंस विद्युन्मापकाच्या तारा जोडितां येतात.

नोबिलीची माला विद्युन्मापकास जोडिली, ह्मणजे दोहोंचें मिळून उष्णमानें मापण्याचें फार सूक्ष्म व उत्तम साधन होतें. विसर्जक उष्णता कशी पसरते, याविषयींचे शोध करण्याकरितां **मेलोनी** यानें अशा मालेचा प्रथमतः उपयोग केला. त्यानें आपल्या प्रयोगांसाठीं जी रचना केली होती, ती आकृति १८४ मध्यें दाखविली आहे.

आ० १८४.



पानसळींत आणण्याकरितां जिला स्क्रू लावले आहेत, अशा एका लांकडी बैठकीवर एक पितळी पट्टी लाविलेली आहे. या पट्टीवर यंत्राचे निरनिराळे

भाग ठेवितां येतात व त्यांस पुढें मागें सरकवितां येतें; आणि त्यांस लाविलेल्या स्क्रूंनीं त्यांचीं अंतरें हवीं तेवढीं ठेवून त्यांस पट्टीवर घट्ट बसवितां येतें. **न** हा एक दिवा आहे; किंवा दिवा काढून याच बैठकीवर उष्णता विसर्जित करणारें दुसरें कोणतेंही साधन ठेवितां येतें. **फ, ई** हे दोन पडदे आहेत. ज्या पदार्थाविषयीं प्रयोग करणें आहे, त्यास ठेवण्याची **क** ही बैठक आहे. **म** ही उष्णताजन्य विद्युन्माला आहे. या मालेजवळच **ड** हें विद्युन्मापक ठेविलेलें आहे. बऱ्याच जाड तारेचे ($\frac{1}{1000}$ मात्रा व्यासाच्या तारेचे) फक्त थोडे फेरे देऊन केलेल्या वेटाळ्याचें हें विद्युन्मापक आहे. अशा विद्युन्मापकास उष्णतावर्धक ह्मणतात (क० ९८). या यंत्राचा नाजुकपणा इतका असतो कीं, मालेपासून एक यार्ड अंतरावर नुसता हात धरिला तरी त्याच्या उष्णतेनें विद्युन्मापकांतील कांटा आपलें स्थान सोडितो.

१४१. उष्णताजन्यप्रवाहांचे धर्म व उपयोगः—उष्णताजन्य प्रवाहांची विद्युच्चालकशक्ति फार थोडी असते. परंतु या प्रवाहांमध्यें सातत्य फार असतें. ह्मणजे या प्रवाहांच्या जोरांत फेरफार न होतां एकसारखे नियमित जोरानें फार वेळ वाहतात. या मालेच्या समोरासमोरच्या सांध्यांस, वितळणारें बर्फ व कढतें पाणी यांच्या योगानें ०° **श** आणि १००° **श** या उष्णमानांवर सहज ठेवितां येतें. याच कारणाकरितां **ओम** यानें आपला सिद्धांत सिद्ध करण्यासाठीं प्रयोग करण्यास याच प्रवाहांचा उपयोग केला होता. या प्रवाहांनीं साध्या रसायनजन्य विद्युन्मालेचीं सर्व जातीचीं कार्यें होतात; फक्त त्यांचें मान मात्र कमी असतें. लोखंड आणि कापरब्रास (जर्मन सिल्व्हर) या धातूंच्या तुकड्यांच्या जोडीचीं ७६९ चक्रें घेऊन त्यांचीं उष्णताजन्यमाला केली, आणि दोहोंकडील सांध्यांची उष्णमानें १०° **श** व १५° **श** अशीं ठेवून **कोलरास्क** यानें मालेच्या दोहों शेवटांत धन व विद्युत् आहेत, असें सिद्ध केलें, आणि असल्या एका चक्राची विद्युच्चालकशक्ति एका डेनियलच्या चक्राच्या $\frac{1}{६,०००}$ असते, असेंही त्यास आढळलें. उष्णताजन्य विद्युन्मालेनें फक्त निःशक्त रसायन कार्यें होतात. प्लाटिनम आणि लोखंड यांच्या तारांच्या जोडांच्या १२० चक्रांच्या मालेनें **बोटो** यानें पाण्याचें पृथक्करण केलें.

सन १९०० सालीं

चुंबनीय बांक व कल पृथ्वीवरील मुख्य ठिकाणीं काय असेल त्याचें कोष्टक.

स्थळाचें नांव.	बांक.	कल.	एकंदर चुंबनीय जोर. (सें.ग्रा.से.पद्धतीनें).
लंडन	१६°—१६′ प.	६७°—९′ उ.	०·४७
सेंट पिटर्सबर्ग	०—३०′ पू.	७०°—४६′ उ.	०·४८
बर्लिन	९°—३०′ प.	६६°—४३′ उ.	०·४८
पारिस	१४°—३०′ प.	६४°—५५′ उ.	०·४७
रोम	१०°—०′ प.	५८°—० उ.	०·४५
न्यू यार्क	९°—१२′ प.	७०°—६′ उ.	०·६१
वाशिंगटन	४°—३५′ प.	७०°—१८′ उ.	०·६०
सान फ्रान्सिस्को	१६°—४२′ पू.	६२°—२०′ उ.	०·५४
मेक्सिको	८°—०′ पू.	४५°—१′ उ.	०·४८
सेंट हेलिना	२५°—०′ प.	३२°—१२′ द.	०·३१
केप टाउन	२९°—२४′ प.	५८°—२′ द.	०·३६
सिडनि	९°—३६′ पू.	६२°—४५′ द.	०·५७
हाबर्टन	२५°—०° पू.	७१°—१२′ द.	०·६४
मुंबई	०°—३६′ पू.	२०°—३८′ उ.	०·३७
टोकिओ	४°—६′ प.	४९°—५२′ उ.	०·४५

गेल्या तीनशें वर्षांत

बांक व कल लंडन येथें कसा बदलत गेला त्याचें कोष्टक.

वर्ष.	बांक.	कल.
१५७६		७१°—५०′
१५८०	११°—१७′ पू.	
१६००		७२°—०′
१६२२	६°—१२′	
१६३४	४°—०′	
१६५७	०°—०′ (लघुत्तम)	
१६७६	३°—०′ प.	७३°—३०′
१७०५	९°—०′	
१७२०	१३°—०′	७४°—४२′ महत्तम.
१६६०	१९°—३०′	
१७८०		७२°—८′
१८००	२४°—६′	७०°—३५′
१८१६	२४°—३०′ (महत्तम)	
१८३०	२४°—२′	६९°—३′
१८५५	२३°—०′	
१८६८	२०°—३३′	६८°—२′
१८७८	१९°—१४′	६७°—४३′
१८८०	१८°—४०′	६७°—४०′
१८९०	१७°—२६′	६७°—२३′
१९००	१६°—१६′	६७°—९′

उत्तरार्धांतील विषयांवरील.

प्रश्न.

भाग १.

पुस्तक ७.

चुंबकत्व.

१. धोंडा अंतराळीं सोडिला, तर त्यास पृथ्वी आकर्षण करिते; चुंबक धावडी लोखंडाच्या तुकड्यास आकर्षण करितो. या दोन आकर्षणांमध्यें साम्य काय आहे व भेद काय आहे?

२. फक्त चुंबकच चुंबकांस आकर्षण करितात, असें ह्मणणें कोणत्या अर्थी खरें आहे?

३. दोन चुंबकांचे सजातीय ध्रुव कित्येक वेळां परस्परांस आकर्षण करितात; असें कशानें घडेल?

४. चुंबित न केलेल्या पोलादी तारेचा तुकडा व तसलाच धावडी लोखंडाचा तुकडा यांस चुंबकाच्या ध्रुवाजवळ आणिलें, तर कोणता तुकडा जास्त जोरानें आकर्षिला जाईल व त्याचें कारण काय तें सांग.

५. चुंबकाच्या उत्तरध्रुवापासून मध्याकडे पांच लोखंडी गोट्या ओळीनें चुंबकास चिकटलेल्या आहेत; परंतु साहावी गोटी चिकटत नाहीं. याचें कारण काय? या चुंबकाच्या उत्तर ध्रुवावर दुसऱ्या चुंबकाचा उत्तरध्रुव आणिला, तर एकंदर ७ गोट्या चिकटतात. याचें कारण काय? गोट्यांच्या खालीं दुसरा उत्तर ध्रुव नेला, तर कित्येक गोट्या पडतात. याचें स्पष्टीकरण कर.

६. कलत्या चुंबककांट्याचें वर्णन कर. चुंबकयाम्योत्तराच्या बाहेर त्यास ठेविलें, तर त्याचें वर्तन कसें घडतें? फिरत्या चुंबककांट्यावर जें पृथ्वीचें कार्य घडतें, तें मोठ्या चुंबकाच्या कार्यासारखें किती असतें?

७. कलता चुंबककांटा पृथ्वीच्या सभोंवार फिरविला व या फेऱ्यांत तो दोन्हीं ध्रुवांतून गेला, तर अशा फेऱ्यांत त्याच्या स्थितींत किंवा कलांत काय फेरफार होतील तें सांग.

८. छोट्या घड्याळाच्या कमानीच्या तुकड्यास चुंबकत्व कसें देतात?

९. पोलादी सुई क्षितिजपातळीशीं लंब दिशेंत धरिली व तिजवर हातवडीनें ठोकिलें, तर ती चुंबित होते. याचें कारण काय? सुईस लंब दिशेंत धरणें व तिजवर ठोकणें यांचा परिणाम तिजवर काय होतो? सुईचा उत्तर ध्रुव कोणता होईल?

१०. सुताराचीं आरीं, किंकरीं वगैरे हत्यारें यांमध्यें कित्येक वेळां कायमचें चुंबकत्व येतें. याचें कारण सांग.

११. चुंबकत्वाची **संपृक्ति** व चुंबकत्वाची **मर्यादा** यांचा अर्थ काय?

१२. खाणीच्या निरनिराळ्या भागांचे कल होकायंत्रानें काढतांना कोणत्या चुका होण्याचा संभव असतो?

१३. चुंबककांबीजवळ तिशीं समांतर अशी धावडी लोखंडाची कांब धरिली, तर चुंबकत्वाच्या संबंधानें तिच्या स्थितींत काय फेर पडेल?

१४. चुंबककांटा चांगला चुंबित झाला आहे, किंवा अगदीं थोडा चुंबित झाला आहे, याची परीक्षा कोणत्या प्रयोगानें करतां येईल?

१५. शक्तिमान अशा नालाच्या आकाराच्या चुंबकापासून त्यास चिकटलेल्या थोरल्या जाड कांबीपेक्षां धाकट्या कांबीस दूर ओढण्यास कमी शक्ति लागते याचें कारण काय?

१६. चुंबकत्वाचें वहन होत नाहीं असें समजण्यास काय कारणें आहेत तीं सांग.

१७. पृथ्वी हा एक मोठा चुंबक आहे असें मानण्यास कोणतीं कारणें आहेत, आणि कोणते प्रयोग या अनुमानास दृढीकरण आणितात?

१८. चुंबककांबीच्या दोन्ही टोंकांच्या अंगीं लोखंडास आकर्षण करण्याचा धर्म असतो. परंतु या दोहों टोंकांमध्यें असा एक भाग असतो कीं त्या ठिकाणीं आकर्षक कार्य मुळींच घडत नसतें. या उदासीन ठिकाणीं कांबीस मोडलें, तर दोहों तुकड्यांमध्यें काय धर्म असतात?

१९. चुंबित केलेल्या दोन सुया बुचाच्या तुकड्यांस बांधून सुया आडव्या राहतील अशीं पाण्यावर बुचें तरंगत टाकिलीं व पाण्याच्या पृष्ठभागावर दोहोंस दोन चार इंच अंतरावर मोकळें सोडिलें, तर काय परिणाम घडेल?

२०. एक पोलादी तुकडा नाजूक तराजूच्या एका टोंकास टांगिला व दुसऱ्या टोंकास त्यास तोलून धरण्यापुरतें पितळी किंवा दगडी वजन टांगिलें. नंतर पोलादी तुकड्यास चुंबित केलें, तर दांडीच्या समतोलपणांत कमजास्त होईल कीं काय?

२१. चुंबित केलेल्या पोलादी कांबीचें उष्णमान थोडेंसें वाढविलें, व एकदां दुसऱ्या वेळीं फार वाढविलें, तर तिच्या चुंबकत्वांत काय फेरफार होतील?

२२. एकाद्या ठिकाणीं विवक्षित रेषा बरोबर दक्षिणोत्तर आहे किंवा नाहीं हें पाहणें झाल्यास चुंबककांट्याचा कसा उपयोग करितां येतो?

२३. बुचावर आडवा बसविलेला चुंबककांटा बूच पाण्यावर तरंगत असतां दक्षिणोत्तर स्थिर होतो. परंतु उत्तरेकडे किंवा दक्षिणेकडे आकर्षिला जात नाहीं, याचें कारण काय?

२४. दोन सुया अशा चुंबित केल्या कीं त्यांचीं नेढीं उत्तरध्रुव आहेत. बुचाच्या तुकड्यांत त्यांस असें बसविलें कीं बुचें पाण्यांत टाकतांच सुया उभ्या लंब दिशेंत राहतात. पाण्यांत यांस एकमेकांजवळ थोड्या अंतरावर आणिलें, तर काय परिणाम घडेल?

पुस्तक ८.

घर्षणजन्यविद्युत्.

१. जेव्हां एका जातीची विद्युत् उत्पन्न होते, त्या वेळीं नेहमीं तितकीच दुसऱ्या जातीची विद्युत् उत्पन्न होते, हें कसें सिद्ध करावें?

२. पुढील जोड्यांपैकीं प्रत्येक जोडींतील पदार्थांस एकमेकांवर घांसलें, तर प्रत्येकावर कोणती विद्युत् उत्पन्न होईल तें सांगः—फलालीन व पितळ, कांच व फलालीन, उडणारा कापूस व लाख.

३. दोन जातींच्या विजा आहेत, हें कसें सिद्ध करावें?

४. एक दगड दिला व तो विद्युद्ग्राहक आहे किंवा नाहीं हें ठरविण्यास काय प्रयोग करावे लागतील ?

५. विवक्षित पदार्थाची विद्युत्स्थिति समजण्यास आकर्षणापेक्षां प्रतिसार खात्रीनें उपयोगीं पडतें याचें कारण काय ?

६. विजेच्या प्रयोगांत व सृष्टींतील विद्युद्विशिष्ट क्रियांमध्यें आर्द्रतेचा परिणाम घडतो याचीं कांहीं उदाहरणें दे.

७. अवाहक पदार्थांतील विद्युज्जागृति घालविण्याचा उत्तम मार्ग कोणता ?

८. विद्युद्ग्राहकांत वीज पसरण्याचे किंवा वांटली जाण्याचे साधारण नियम कोणते ? एका पोकळ कथलाच्या नळीस विद्युत्स्थापित करून तिला विद्युज्जागृत केलें, तर तिजमध्यें विद्युत् कशी वांटली जाईल ? जर तिच्या एका टोंकाजवळ हात नेला, तर काय फरक पडेल ?

९. पदार्थांच्या पृष्ठभागावरच विद्युत् असते, हें कसें सिद्ध करितां येतें ?

१०. भरींव गोलास, तेवढ्याच व्यासाच्या पोकळ गोलापेक्षां जास्त विद्युज्जागृत करितां येत नाहीं, हें कोणत्या प्रयोगानें सिद्ध करितां येतें ?

११. चुंबककांट्याजवळ अ पदार्थास नेलें तेव्हां त्याचें कांट्यावर कार्य घडल्याचें दिसलें, तर तें कार्य चुंबकत्वाचें किंवा विद्युल्लतेचें घडलें हें कसें दाखवितां येईल ?

१२. चुंबकत्व आणि विद्युत् यांचें कोणत्या गोष्टींत साम्य आहे व कोणत्या गोष्टींत भिन्नत्व आहे, तें सांग.

१३. विद्युज्जागृत पदार्थास मात्र विद्युत् आकर्षण करिते असें ह्मणतात, याचा अर्थ काय ?

१४. आंड्याची कवची टेबलावर ठेविली व तिजजवळ लाखेच्या कांडीस फलालीननें घासून नेलें, तर कांडी जिकडे न्यावी तिजमागून कवची जाते. याचें कारण काय त्याचें स्पष्टीकरण कर.

१५. चिनी मातीच्या खलबत्यांत गंधकाची पूड केली व तसली पूड विद्युद्दर्शकाच्या बोंडावर ठेविली. तर दर्शकाचे वर्खे फांकतात. याचें कारण काय ? दर्शक वांकडा करून पूड खालीं पाडविली, तर वर्खांवर काय परिणाम घडेल ?

१६. धनविद्युल्लतेनें जागृत केलेला पदार्थ दिला व त्याच्या योगानें एका धातूच्या पत्र्यास ऋणविद्युल्लतेनें जागृत करण्यास सांगितलें, तर कोणत्या रीतीनें ही गोष्ट करितां येईल ?

१७. लोखंडाच्या कांबीस घर्षणानें आणि रबरच्या तुकड्यास प्रवर्तनानें विद्युज्जागृत करण्यापेक्षां कांबीस प्रवर्तनानें आणि रबरास घर्षणानें जागृत करणें अधिक सोपें कां असतें ?

१८. पृथ्वी विद्युल्लतेचें साधारण भांडार आहे, असें ह्मणतात, याचा अर्थ काय ?

१९. उष्णतेचें विद्युल्लतेंत कसें रूपांतर करितां येतें ?

२०. रेशमानें मढविलेल्या एका लांब तारेचें उघडें टोंक तुजपाशीं दिलें, व तुला तिजमध्यें विद्युज्जागृति आहे किंवा नाहीं हें काढण्यास सांगितलें, आणि जर जागृति असेल तर ती कोणत्या जातीची आहे हेंही काढण्यास सांगितलें, तर कसें काढशील तें सांग.

२१. विद्युज्जागृत पदार्थास पृथ्वीशीं जोडिलें, किंवा त्या पदार्थास टोंक असलें, तर त्यांत कांहीं जागृति राहत नाहीं. विद्युल्लतेच्या साधारण नियमांवरून याचें कारण सांग.

२२. विद्युद्यंत्राच्या मुख्य वाहकाचा उपयोग काय तें सांग. मोठा वाहक घेतल्यानें लहान वाहकापेक्षां अधिक तेजस्वी पण आखूड ठिणग्या येतात, याचें कारण काय ?

२३. गटापर्चा व रबर यांची पाण्यांत विद्युत्स्थापकशक्ति किती असते याची तुलना करणें आहे, तर कशी करितां येईल तें सांग.

२४. विद्युद्घटास जागृत व निर्जागृत करण्याची रीति सांग. अशा घटाच्या जागृतीचें परिमाण कशावर अवलंबून असतें तें सांग.

२५. विजेची चमक व मेघगर्जना कशीं उत्पन्न होतात. निवृत्तिआघात किंवा उलट धक्का बसण्याचें कारण काय ?

२६. ढग आपल्या डोक्यावर असतां सुवर्णपत्र विद्युद्दर्शकाचे वर्ख घराच्या आंत किंवा घराच्या बाहेर असतां फांकतील तें सांग. अशा वेळीं कोणते परिणाम घडण्याचा संभव असेल व त्यांचें कारण काय तें सांग.

२७. मोठें शक्तिमान् विद्युद्यंत्र चालू असतां त्याच्या मुख्य वाहकाजवळ तारेनें जमिनीस जोडलेलें सुवर्णपत्र विद्युद्दर्शक ठेविलें आहे. यंत्रापासून ठिणगी घेतली, म्हणजे वर्खे एकाएकीं फांकतात. याचें कारण काय?

२८. कथलाचा वर्ख, ब्राउनपेपर, रबर आणि मोहरा करण्याची लाख, हे पदार्थ तुजजवळ दिले, तर त्यांच्या सहाय्यानें विद्युद्धारक यंत्र कसें बनविशील व चालविशील तें सांग.

२९. वातावरणांतील विद्युत् जमविण्याच्या व तिची परीक्षा करण्याच्या एकाद्या रीतीचें वर्णन कर.

३०. विजेचा वाहक कशास म्हणतात? त्याचें कार्य कसें घडतें? अलग असलेल्या एका घराकरितां एक असला वाहक आयत्या वेळीं घाईनें लावावयास सांगितलें, तर कोणत्या रीतीनें लावावा, त्याचें तपशीलवार वर्णन कर.

३१. इमारतीस लाविलेला विजेचा वाहक शिशाच्या पत्र्यानें आच्छादलेल्या छपराजवळून गेला, तर पत्र्यास वाहकास जोडणें कां इष्ट असतें?

३२. चहाच्या धातूच्या उथळ बशींत भेंडाच्या गोट्या घालून व अवाहक पदार्थावर तिला ठेवून विद्युज्जागृत केलें, आणि बशीस अवाहक मुठीनें वर उचललें, तर काय परिणाम घडेल?

३३. तुजपाशीं अनेक गज दिले व ते कशाचे आहेत हें माहीत नसलें, तर त्यांपैकीं कोणते वाहक व कोणते अवाहक आहेत हें समजण्यासाठीं कोणते प्रयोग करशील त्यांचें वर्णन कर.

३४. कांचेच्या पत्र्याच्या जागीं धातूच्या पत्र्याचें विद्युद्यंत्र केल्यास, त्यापासून विद्युत् निघेल काय? जर निघणार नाहीं, तर त्याचें कारण काय? निघेल तर कशी निघेल तें सांग.

३५. धातूच्या तारेच्या पिंजऱ्यास रेशमी दोरीनें टांगिलें असून त्यांत राघू आहे. पिंजऱ्यास कितीही विद्युज्जागृत केलें, तरी पक्ष्यास कांहीं होत नाहीं. विद्युज्जागृत पिंजऱ्यांतून पक्षी बाहेर जाऊं लागेल, तर त्यास कोणता अपाय होण्याचें भय आहे तें सांग?

३६. कांचविद्युत् व लाक्षविद्युत् हीं नांवें यथार्थ नाहींत हें कोणत्या प्रयोगांनीं दाखवितां येतें त्यांचें वर्णन कर.

३७. विद्युत्स्थापित अशा कथलाच्या नळीस विद्युज्जागृत केलें, तर नळीच्या आंतील व बाहेरील पृष्ठभागांच्या निरनिराळ्या ठिकाणच्या जागृतींच्या जोरांत काय अंतर असेल ?

३८. विद्युत्स्थापक बैठकीवर असलेल्या विद्युद्घटास चालू असलेल्या विद्युद्यंत्रास जोडिलें व त्याचें बाह्य कवच तारेनें जमिनीशीं जोडिलें, तर या तारेवर काय परिणाम घडतो व त्याचें कारण काय ?

३९. एका मनुष्याच्या पायांत रेशमी पायमोचा आहे. तो मोत्राच्या पायास विस्तवाजवळ धरून शेकीत आहे व मोचावर आपल्या कोरड्या हातानें चोळीत आहे. नंतर तो एकाएकीं पायमोचा काढून टाकितो. तर मोचावर काय परिणाम घडतो व त्याचें कारण काय ?

४०. गर्जना न होतां विजेच्या चमका दृष्टीस पडतात याचें कारण काय ?

४१. जागृत केलेल्या विद्युद्घटाच्या बोंडाजवळ सोन्याच्या वर्खाचा तुकडा आणिला, तर तो त्याजवळ घिरट्या घालीत राहतो याचें कारण काय ?

४२. एका विशेष जातीच्या विद्युल्लतेनें जागृत असलेला ढग तारायंत्राच्या तारेजवळ आल्यास, त्यापासून बातमी पाठविण्यास अडथळा होईल हें दाखीव.

४३. घराच्या छपरावर एक लोखंडी गज उंच आलेला आहे. त्यास पृथ्वीशीं जोडलें नाहीं; परंतु पृथ्वीशीं जोडलेल्या दुसऱ्या लोखंडी नळाजवळून मात्र जात आहे. तर वीज चमकत नसतांही गज व नळ यांमध्यें ठिणग्या निघतांना दृष्टीस पडतात, याचें कारण काय ?

४४. विद्युद्दर्शकापासून कांहीं विवक्षित अंतरावर विद्युत्स्थापित व विद्युज्जागृत असा लहान गोल ठेविला आहे. तर दोहोंमध्यें अनुक्रमें (१) एबनाइटचा पत्रा, (२) विद्युत्स्थापित पितळेचा पत्रा, आणि (३) विद्युत्स्थापित नाहीं असा पितळेचा पत्रा ठेविल्यास, विद्युद्दर्शकावर जें मूळ कार्य घडणार त्यांत काय फरक पडेल ?

४५. विद्युत्स्थापित कथलाच्या पंचपात्रांत त्यास स्पर्श न करितां रेशमी दोऱ्यानें एक गोटी टांगिली, आणि पंचपात्राच्या बाह्य बाजूस विद्युज्जागृत केलें, तर पंचपात्राच्या आंतून गोटीस बाहेर काढिल्यावर तिची विद्युत्स्थिति काय असेल ?

४६. अनेक मनुष्यांनीं एकमेकांचे हात धरून सांखळी केली व त्यांमधून विद्युद्घटमालेस निर्जागृत केलें, तर सर्वांस सारखा धक्का बसेल कीं काय ? जर सारखा धक्का बसणार नाहीं, तर कोठें मोठा धक्का बसेल व त्याचें कारण काय ?

४७. दारू पिण्याच्या छोट्या कोरड्या पेल्यांत एक नारिंग ठेविलें व त्यांत एक सूय नेढ्याकडून टोंचिली; नंतर लाखेच्या कांडीस फलालीननें घांसून तिला टोंकाजवळ धरिल्यास नारिंगाची विद्युत्स्थिति काय असेल तें स्पष्ट करून सांग.

४८. लाखेची कांडी टोंकापुढें न धरितां नारिंगापुढें टोंकापासून दूर धरून प्रयोग पुनः केल्यास काय परिणाम घडेल तें सांग.

४९. पृथ्वीमधील विद्युत् ऋण असल्यास पृथ्वीवर पडणाऱ्या पावसाची व वर चढणाऱ्या धुराची विद्युत्स्थिति काय असेल ?

५०. ब्राऊनपेपरच्या तावास अगदीं शुष्क करून त्यावर रबरानें घांसलें आणि त्यास भिंतीवर धरलें, तर काय परिणाम घडेल ?

५१. विद्युत्स्थापित अशा वाहक नळीचें एक तोंड साबूच्या पाण्यांत बुडवून व दुसऱ्या तोंडानें फुंकून साबूचा बुडबुडा केला, आणि नंतर वाहकास विद्युज्जागृत केलें, तर कांहीं फेरफार होईल कीं काय ?

५२. हवा शुष्क असतां आच्छादलेल्या जागीं ऱ्याकेट खेळण्याचे बूट घालून ऱ्याकेट खेळत असल्यास, खेळणाराची विद्युत्स्थिति बहुधा कोणत्या प्रकारची असेल ?

५३. धातूचे दोन समान गोल घेऊन त्यांस विद्युज्जागृत केलें. एकास दुसऱ्याच्या पांचपट जागृत केलें आहे. विवक्षित अंतरावर त्यांस ठेविलें तेव्हां एक ग्रेन जोराच्या शक्तीनें ते परस्परांस प्रतिसारण करूं लागले. नंतर जर त्यांस जवळ आणून दोहोंचा स्पर्श केला, आणि तेवढ्याच अंतरावर त्यांस नेलें, तर प्रतिसारणाचा जोर किती असेल ?

५४. जागृत केलेल्या विद्युद्दर्शकाच्या बोंडाजवळ बोट नेलें, तर त्याचे पत्रे मिटतांना दृष्टीस पडतात, याचें कारण काय ?

पुस्तक ९.

रसायनजन्यविद्युत्.

१. जलमिश्रित सल्फ्युरिक आसिडांत शुद्ध जस्ताचा पत्रा अर्धा बुडविला आहे. तर त्याची विद्युत्स्थिति काय असेल? त्याचप्रमाणें तांब्याचा पत्रा अर्धा बुडविला, तर त्याची विद्युत्स्थिति काय असेल? पत्र्यांस द्रवाबाहेर तारेनें जोडिल्यास काय परिणाम घडतो, त्याचें स्पष्टीकरण कर.

२. रसायनजन्य विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होण्यास कोणत्या गोष्टींची अवश्यकता लागते? ज्यांत या गोष्टी असतात असल्या दुसऱ्या कांहीं रचना सांग.

३. रसायनजन्य विद्युच्चक्राची वीज आणि घर्षणजन्य विद्युद्यंत्राची वीज या एकाच जातीच्या असतात हें कोणत्या प्रयोगांनीं सिद्ध करितां येईल?

४. स्थिरविद्युत् व प्रवाहविशिष्ट विद्युत् यांमध्यें मुख्य कोणत्या गोष्टींत भेद आहे तें सांग.

५. विद्युत्प्रवाह ज्या तारेंतून वाहत आहे अशी तार चुंबककांट्यावर धरिली, व त्याच्या खालीं धरिली, तर तेणेंकरून कांट्यावर काय परिणाम घडतात त्यांचें वर्णन कर.

६. ज्या तारेंतून विद्युत्प्रवाह जात आहे तिचीं टोकें दृष्टीस पडत नसल्यास प्रवाहाची दिशा कशी काढतां येईल तें सांग.

७. ज्यांत रसायनविद्युत्कार्य अकस्मात् किंवा विशेष कारणानें घडतें, अशीं कांहीं उदाहरणें दे.

८. रसायनजन्य विद्युन्मंडल पूर्ण किंवा अपूर्ण आहे असें केव्हां ह्मणतात?

९. प्रवाहाची दिशा, विद्युच्चालकशक्ति, विद्युच्चालकश्रेणी, धनविद्युत्पथ, आणि ऋणपत्रा या पारिभाषिक शब्दांचें स्पष्टीकरण कर.

१०. विद्युत्प्रवाहाच्या रसायनकार्यांचीं दोन उदाहरणें दे, आणि त्याच प्रवाहाच्या चुंबनीय कार्यांचीं दुसरीं दोन उदाहरणें दे.

११. एका लहान चुंबककांट्यास थोडें चुंबकत्व दिलेलें आहे. त्याचे मूळचे ध्रुव उलट बदलतील अशा रीतीनें त्यास पुनः चुंबित करणें आहे. तर विद्युत्प्रवाहानें तसें कसें करितां येईल तें सांग.

१२. विद्युच्चुंबक करितांना कोणत्या गोष्टीकडे लक्ष्य देणें विशेष अवश्य आहे? विद्युच्चुंबकाचा चुंबनीय जोर कशावर अवलंबून असतो? त्यास चुंबकत्व देणें व त्यांतील चुंबकत्व काढून घेणें या दोन्ही कृति सहज करितां येतात. हें कशामुळें घडतें? विद्युच्चुंबक करण्यास जाड तार उत्तम असते ह्याचें कारण काय?

१३. तार गुंडाळून असें एक वेटाळें करावयाचें आहे कीं, त्यास टांगलें असतां तारेंत विद्युत्प्रवाह सोडल्यावर चुंबककांट्यासारखें तें चुंबकयाम्योत्तरांत दक्षिणोत्तर राहील. तर आकृति काढून हें कसें करितां येईल तें सांग.

१४. जर पृथ्वीचें चुंबकत्व तिच्या पृष्ठभागावरील विद्युत्प्रवाहांमुळें तिला प्राप्त झालें असेल, तर हे परिणाम घडण्यास ते प्रवाह कोणत्या दिशेनें वाहत असले पाहिजेत तें सांग.

१५. (१) घर्षणजन्य विद्युल्लतेचा प्रवाह, (२) रसायनजन्य विद्युल्लतेचा प्रवाह, (३) उष्णताजन्य विद्युल्लतेचा प्रवाह, (४) कायमच्या चुंबकानें प्रवर्तित झालेला प्रवाह, कसे उत्पन्न करतां येतील ह्याचें वर्णन कर.

१६. जे विद्युत्प्रवाह एकाच दिशेकडे वाहतात ते परस्परांस आकर्षण करितात, आणि जे परस्पर उलट दिशांकडे वाहतात ते एकमेकांस प्रतिसारण करितात, हें ज्या प्रयोगानें सिद्ध करितां येतें त्याचें वर्णन कर.

१७. एका लांब तारेंत असा निःशक्त विद्युत्प्रवाह वाहत आहे कीं ती तार फिरत्या चुंबककांट्यावर समांतर धरिल्यास कांट्यावर कांहीं ह्मणण्यासारखें कार्य घडत नाहीं. तर अशा प्रवाहाचें कार्य कांट्यावर घडण्यास काय रचना केली पाहिजे तिचें वर्णन कर.

१८. धातूच्या तारेच्या कंकणांत विद्युत्प्रवाह वाहत असतां तें कंकण लंब पातळींत राहून आडवें क्षितिज पातळींत पुढें मागें सरूं शकतें. तर अशा कंकणांत चुंबक कांबीचा उत्तर किंवा दक्षिण ध्रुव घातला, तर काय परिणाम घडतो त्याचें वर्णन कर.

१९. विद्युच्चक्रमालेच्या दोहों शेवटांस एका तारेनें जोडिलें, ह्मणजे मालेच्या द्रवांत विद्युत्प्रवाह वाहतो, हें सिद्ध करण्यासाठीं कोणत्या तरी एका प्रयोगाचें वर्णन कर.

२०. ज्या कंकणांत विद्युत्प्रवाह वाहत आहे असें कंकण पाण्यावर तरंगत राहावें, अशी रचना कशी करितां येईल तें सांग. असें कंकण पाण्यावर सोडि-ल्यास तें कसें स्थिर राहिल आणि त्या कंकणाजवळ चुंबकाचा उत्तर किंवा दक्षिण ध्रुव नेल्यास काय परिणाम घडेल तें सांग ?

२१. नालाच्या आकाराच्या चुंबकाच्या दोहों ध्रुवांमध्यें दोन धातूंच्या वाहकांस लावलेली सोन्याच्या वर्खाची पट्टी लंबदशेंत सैल लोंबत आहे. सोन्याच्या पट्टींत जर विद्युत्प्रवाह सोडिला तर काय परिणाम घडेल ?

२२. दोन स्थळांमध्यें तारेनें बातमी पाठविण्यासाठीं कोणत्या तजविजी करणें अवश्य आहे ?

२३. दोन तारांच्या विद्युद्वाहक शक्तींची तुलना करणें झाल्यास कशी करतां येईल तें सांग.

२४. दोन धातु तुजपाशीं दिले आणि विद्युच्चालक श्रेणींतील त्यांचीं स्थानें प्रयोगद्वारा काढण्यास सांगितलें, तर ते प्रयोग करण्यास कोणतीं उपकरणें लाग-तील व ते प्रयोग कसे करशील तें सांग.

२५. पूर्ण विद्युन्मंडलांत प्रवाहाचा जोर सर्व ठिकाणीं सारखा असतो हें प्रयोगद्वारा कसें सिद्ध करितां येईल ?

२६. एक पौंड वजनाच्या तांब्याच्या कांबीची विवक्षित लांबीची तार ओढिली आहे. त्याच जातीच्या दोन पौंड तांब्याची चौपट लांब तार ओढली आहे. तर दोहों तारांच्या एकंदर प्रतिबंधांत काय प्रमाण असेल ?

२७. एका विद्युच्चक्राचें मंडल चौऱ्यांयशीं फूट लांबीच्या तारेनें पूर्ण केलें आहे. मंडल तोडून एक तृतीयांश लांबीची तार दोन भाग एकमेकांस लागतील अशी दुमडली आहे व पुनः मंडल पूर्ण केलें आहे. तर पहिल्या व दुसऱ्या वेळीं तारेपासून जे प्रतिबंध होतील त्यांतील प्रमाण काढ.

२८. एकाच द्रव्याच्या दोन तारा आहेत. एक तार दुसरीच्या तिप्पट लांब आणि निंपट जाड आहे. तर दोहोंपासून विद्युद्वहनास प्रतिबंध होतील त्यांचा परस्पर संबंध काय असेल तो काढ.

२९. तारायंत्राची तार मध्यें अगदीं तुटली, तर प्रेषक व ग्राहक स्थानांपासून पाठविलेल्या व आलेल्या खुणांवर त्याचा साधारण परिणाम काय घडेल ?

३०. ज्या ठिकाणीं चुंबकांस पूर्व बांक आहे तेथें पृथ्वीवर पूर्वेकडून पश्चिमेकडे वाहणारा विद्युत्प्रवाह असला, तर होकेच्या चुंबककांट्यावर त्याचा परिणाम काय घडेल ?

३१. पितळेचे दोन मोठे विद्युत्स्थापित चपटे पत्रे समोरासमोर जवळ ठेविले आहेत. पुष्कळ चक्रांच्या विद्युन्मालेच्या जस्तास एक पत्रा तारेनें जोडला आहे व दुसरा पत्रा मालेच्या तांबें किंवा प्लाटिनम् या दुसऱ्या धातूस तारेनें जोडिला आहे. तारा किंवा पत्रे ह्यांस वाहकाशीं स्पर्श न करूं देतां तारांस पत्र्यांपासून वेगळें केलें व पत्र्यांस एकमेकांपासून दूर नेलें, तर प्रत्येक पत्र्याची विद्युत्स्थिति काय असेल ?

३२. नाजुक अशा स्थिर कांट्याच्या दोन विद्युन्मापकांस एका लांब तारेनें असें जोडिलें आहे कीं दोहोंच्या वेटाळ्यांचें एकच सलग प्रवाहमंडळ झालें आहे. तर दोहोंपैकीं एकांतील चुंबककांट्यास स्वस्थानांतून फिरविलें तर काय परिणाम घडेल ?

उत्तरार्ध.

भाग २.

पुस्तक ४.

ध्वनि.

१. निर्वात स्थळांतून ध्वनि जात नाहीं, हें सिद्ध करण्याच्या प्रयोगाचें वर्णन कर.

२. वाफेच्या यंत्रांत इशारा देण्यासाठीं एक रक्षक शीळ (Safety whistle) असते. तिच्या रचनेचें वर्णन कर आणि तिचें कार्य कसें घडतें तें सांग.

३. वायु आणि द्रव यांमध्यें ध्वनीचा वेग कसा काढतां येतो?

४. मोठे व बारीक ध्वनि सारख्या वेगानें जातात असें समजण्यास काय प्रमाणें आहेत, तीं सांग.

५. पाण्यांतून ध्वनि जातो असें समजण्यास काय प्रमाणें आहेत?

६. एका मनुष्यानें कांहीं अंतरावर बंदुकीचा काना पेटलेला पाहिला, आणि नंतर बार ऐकूं येईपर्यंत नाडीचे ८ ठोके त्यानें मोजले. एका मिनिटांत नाडीचे सुमारें ८० ठोके पडतात. तर बंदूक किती अंतरावर उडाली असेल?

७. विजेची चमक पाहिल्यानंतर सुमारें १५ सेकंदपर्यंत गर्जना ऐकूं आली नाहीं. याचें कारण काय व चमक दिसली त्या ठिकाणाचें अंतर काय?

८. वायूपेक्षां घन पदार्थांमधून ध्वनीचें वहन जास्त जलद होतें असें समजण्यास काय प्रमाणें आहेत?

९. तारायंत्राच्या खांबास कान लाविला म्हणजे तारेचा आवाज अधिक स्पष्ट ऐकूं येतो याचें कारण काय?

१०. पाव इंचाहून अधिक जाडी ठेवितां येत नाहीं अशा द्रव्याच्या पदार्थांचा ध्वनि थांबविण्यास उपयोग करावयाचा आहे. अशा पदार्थांत उत्तम कोणता याची निवड करण्यासाठीं कोणते प्रयोग करितां येतील ?

११. ज्यांतून ध्वनीचा वेग क्रमानें वाढतो अशा पदार्थांची श्रेणी लिही.

१२. एकाद्या खोलींत बाहेरचा ध्वनि येऊं नये अशी अपेक्षा असल्यास, कोणत्या तत्वावर बंदोबस्त केला पाहिजे ?

१३. ज्या दिशेस वारा वाहतो त्या दिशेस ध्वनि चांगला ऐकूं येतो, आणि ध्वनीच्या उलट दिशेनें वारा वाहत असला, तर कमी ऐकूं येतो, याचें कारण काय ?

१४. टेबलावर किंवा पेटीवर स्वरशूळ ठेविला तर त्याचा ध्वनि मोठा कां होतो ?

१५. ध्वनीचा मोठेपणा आणि उच्चनीचपणा ह्मणजे चढउतार यांमधील भेद काय आणि ध्वनि मोठ्यानें ऐकूं येण्यास कोणतीं कारणें सहाय्य करितात.

१६. सायरन ह्मणजे सूरमाक याचें वर्णन कर. आणि स्वरसप्तकांतील विवक्षित सूर उत्पन्न होण्यास दर सेकंदास आंदोलनांचीं ह्मणजे हवेवरील आघातांची संख्या या यंत्रानें कशी मापितां येते याचें स्पष्टीकरण कर.

१७. पुरुषांच्या आवाजापेक्षां स्त्रिया व मुलें यांचे आवाज जास्त चढूं शकतात याचें कारण काय ?

१८. अनुवाद ह्मणजे काय. कोंडल्या ठिकाणीं यास पूर्णपणें कसें बंद करितां येतें ?

१९. अर्ध्या मैलावर असलेल्या पर्वतापासून तोफेचा प्रतिध्वनि उत्पन्न झाला, तर ज्यानें तोफ उडविली त्यास किती वेळानें प्रतिध्वनि ऐकूं येईल ?

२०. चार स्वरांच्या शब्दांचा प्रतिध्वनि ऐकूं येण्याजोगा भिंतीपासून उठण्यास भिंत किती अंतरावर असली पाहिजे ?

२१. ध्वनीचें वक्रीभवन होतें हें कोणत्या प्रयोगानें दाखवितां येतें ?

२२. लोखंडी उभ्या कठड्याचे उभे गज चार चार इंच अंतरावर आहेत. अशा कठड्यांच्या गजांवर जोरानें काठी तिरपी टेंकून एक मुलगा एका टोंका-

उत्तरार्ध.

भाग २.

पुस्तक ४.

ध्वनि.

१. निर्वात स्थळांतून ध्वनि जात नाहीं, हें सिद्ध करण्याच्या प्रयोगाचें वर्णन कर.

२. वाफेच्या यंत्रांत इशारा देण्यासाठीं एक रक्षक शीळ (Safety whistle) असते. तिच्या रचनेचें वर्णन कर आणि तिचें कार्य कसें घडतें तें सांग.

३. वायु आणि द्रव यांमध्यें ध्वनीचा वेग कसा काढतां येतो ?

४. मोठे व बारीक ध्वनि सारख्या वेगानें जातात असें समजण्यास काय प्रमाणें आहेत, तीं सांग.

५. पाण्यांतून ध्वनि जातो असें समजण्यास काय प्रमाणें आहेत ?

६. एका मनुष्यानें कांहीं अंतरावर बंदुकीचा काना पेटलेला पाहिला, आणि नंतर बार ऐकूं येईपर्यंत नाडीचे ८ ठोके त्यानें मोजले. एका मिनिटांत नाडीचे सुमारें ८० ठोके पडतात. तर बंदूक किती अंतरावर उडाली असेल ?

७. विजेची चमक पाहिल्यानंतर सुमारें १५ सेकंदपर्यंत गर्जना ऐकूं आली नाहीं. याचें कारण काय व चमक दिसली त्या ठिकाणाचें अंतर काय ?

८. वायूपेक्षां घन पदार्थांमधून ध्वनीचें वहन जास्त जलद होतें असें समजण्यास काय प्रमाणें आहेत ?

९. तारायंत्राच्या खांबास कान लाविला ह्मणजे तारेचा आवाज अधिक स्पष्ट ऐकूं येतो याचें कारण काय ?

१०. पाव इंचाहून अधिक जाडी ठेवितां येत नाहीं अशा द्रव्याच्या पदार्थांचा ध्वनि थांबविण्यास उपयोग करावयाचा आहे. अशा पदार्थांत उत्तम कोणता याची निवड करण्यासाठीं कोणते प्रयोग करितां येतील ?

११. ज्यांतून ध्वनीचा वेग क्रमानें वाढतो अशा पदार्थांची श्रेणी लिही.

१२. एकाद्या खोलींत बाहेरचा ध्वनि येऊं नये अशी अपेक्षा असल्यास, कोणत्या तत्वावर बंदोबस्त केला पाहिजे ?

१३. ज्या दिशेस वारा वाहतो त्या दिशेस ध्वनि चांगला ऐकूं येतो, आणि ध्वनीच्या उलट दिशेनें वारा वाहत असला, तर कमी ऐकूं येतो, याचें कारण काय ?

१४. टेबलावर किंवा पेटीवर स्वरशूल ठेविला तर त्याचा ध्वनि मोठा कां होतो ?

१५. ध्वनीचा मोठेपणा आणि उच्चनीचपणा ह्मणजे चढउतार यांमधील भेद काय आणि ध्वनि मोठ्यानें ऐकूं येण्यास कोणतीं कारणें साहाय्य करितात.

१६. सायरन ह्मणजे सूरमाक याचें वर्णन कर. आणि स्वरसप्तकांतील विवक्षित सूर उत्पन्न होण्यास दर सेकंदास आंदोलनांचीं ह्मणजे हवेवरील आघातांची संख्या या यंत्रानें कशी मापितां येते याचें स्पष्टीकरण कर.

१७. पुरुषांच्या आवाजापेक्षां स्त्रिया व मुलें यांचे आवाज जास्त चढूं शकतात याचें कारण काय ?

१८. अनुवाद ह्मणजे काय. कोंडल्या ठिकाणीं यास पूर्णपणें कसें बंद करितां येतें ?

१९. अर्ध्या मैलावर असलेल्या पर्वतापासून तोफेचा प्रतिध्वनि उत्पन्न झाला, तर ज्यानें तोफ उडविली त्यास किती वेळानें प्रतिध्वनि ऐकूं येईल ?

२०. चार स्वरांच्या शब्दांचा प्रतिध्वनि ऐकूं येण्याजोगा भिंतीपासून उठण्यास भिंत किती अंतरावर असली पाहिजे ?

२१. ध्वनीचें वक्रीभवन होतें हें कोणत्या प्रयोगानें दाखवितां येतें ?

२२. लोखंडी उभ्या कठड्याचे उभे गज चार चार इंच अंतरावर आहेत. अशा कठड्यांच्या गजांवर जोरानें काठी तिरपी टेंकून एक मुलगा एका टोंका-

पासून दुसऱ्या टोंकाकडे पळत आहे. तर दर सेकंदास १६ आंदोलनें झाल्यानें उत्पन्न होणारा सूर निघण्यास कोणत्या वेगानें मुलानें पळालें पाहिजे ?

२३. स्वरशुळाच्या आंदोलनाचें मान कसें काढतां येतें ?

२४. एकाच द्रव्याच्या व सारख्या जाडीच्या तारांचें वाद्य करून आणि सर्वांस सारखा ताण देऊन निरनिराळ्या तारांपासून दुसऱ्या सप्तकांतील सात सूर क्रमानें काढावयाचे आहेत. तर रचना कशी करावी ?

२५. एकाच द्रव्याच्या व सारख्या लांबीच्या पण भिन्न जाडीच्या चार तारा तंबुऱ्यास ताणून लाविल्या, तेव्हां त्यांपासून क्रमानें वरच्या सप्तकांतील पांचवे सूर निघूं लागले. तर तारांची जाडी काय असेल ?

२६. समान उष्णमान असतां दोन स्वरशूळ सारख्या वेगानें कंपित होतात. त्यांपैकीं एकास उष्ण केलें; आणि दोहोंस एकदांच कंपित केलें, तर काय परिणाम घडतील तें सकारण सांग.

२७. हवा भरलेलें एक पंचपात्र आहे व दुसरें हैद्रोजन वायु भरलेलें पंचपात्र आहे. दोहोंच्या योगानें स्वरशूळाचा ध्वनि सारखाच जोरावतो किंवा मोठा होतो. तर दोहोंची उंची सारखीच असेल काय ? जर नसेल तर दोहोंमध्यें काय अंतर असेल, व तसें कां असेल तें सांग.

२८. जमिनीपेक्षां समुद्रावर अधिक अंतरावर ध्वनि कां ऐकूं येतो ?

२९. एक पितळेचा व दुसरा पोलादाचा असे दोन स्वरशूळ सारख्य आकाराचे केले. तर दोहोंमध्यें साधारणपणें काय फरक असेल तें सांग.

३०. **सा** या सुराच्या तिप्पट आणि $\frac{3}{2}$ आंदोलनें कोणत्या सुरांचीं होतात तें सांग.

३१. फसफसणारी दारू कांचेच्या पेल्यांत ओतली व कांचेवर हळू टोला मारिला तर दारवेंतून सर्व कार्बोनिक आसिड वायु निघून जाईपर्यंत ध्वनि घुमत नाहीं, याचें कारण काय.

३२. भिंतीपुढें उभें राहून एक मनुष्य हातांनीं टाळी वाजवितो, आणि तिचा प्रतिध्वनि सुमारें एका सेकंदानें ऐकतो. तर भिंत त्यापासून किती अंतरावर असेल ?

पुस्तक ६.

प्रकाश.

१. ध्वनि आणि प्रकाश यांमध्यें साम्य कोणतें आहे व भिन्नत्व कोणतें आहे तें सांग.

२. हवेंत कांहीं उंचीवर असलेल्या पक्ष्याची उन्हांत जमिनीवर सावली कां पडत नाहीं ?

३. पदार्थाच्या सांवलीचा किंवा छायेचा आकार कशावर अवलंबून असतो ?

४. प्रकाशाचा वेग काढण्याच्या एका रीतीचें वर्णन कर.

५. प्रकाशाच्या दोन उत्पत्तिस्थानाच्या प्रकाश पाडण्याच्या जोरांची तुलना करण्याकरितां जें यंत्र असतें त्याचें वर्णन कर.

६. खिडकीजवळ एक मेणबत्ती धरिली, आणि तिजकडे तिरपें पाहिलें, तर मेणबत्तीच्या दोन प्रतिमा दिसतात. त्या कशा उत्पन्न होतात तें सांग.

७. कांचेच्या आरशाची जाडी दर्शनशास्त्राच्या नियमानें कशी काढितां येईल?

८. पाण्यांत चवली टाकली तर ती आहे त्याहून उंच ठिकाणीं दिसते आणि उथळ सरोवरें खरोखर आहेत त्यांहून ज्यास्त उथळ दिसतात, ह्याचें कारण काय ?

९. पाण्यांत काठी तिरपी धरिली, तर पाण्याच्या पृष्ठभागीं वांकलेली दिसते; ह्याचें कारण आकृति काढून स्पष्ट कर.

१०. एका भांड्यांत बुडावर रुपया ठेवून तो दिसत नाहीं अशा ठिकाणीं आपण उभें राहिलों आणि भांड्यांत पाणी ओतलें तर तो दिसूं लागतो. पाण्याच्या जागीं ज्यास्त वक्रीभवनाचा गुणक असलेला द्रव भांड्यांत ओतला तर रुपया दिसण्यास पाण्याच्या उंचीपेक्षां त्या द्रवाची उंची ज्यास्त किंवा कमी असली पाहिजे ?

११. प्राणी व वनस्पति ठेवण्याच्या तळ्याच्या कोणत्या तरी टोकांपुढें उभें राहून दुसऱ्या टोकाकडे पाहिलें, तर मागची बाजू अधिक जवळ दिसते; तळ्याच्या मध्यासमोर उभें राहिलें, तर मागची बाजू वक्र दिसते; ह्याचें कारण काय ?

१२. सामन् नांवाच्या माशास भाला मारितांना कोणत्या दिशेनें भाल्याचा नेम धरिला पाहिजे ?

१३. चोरून दारू करणारांच्या भट्ट्या त्यांतून निघणाऱ्या उष्ण हवेच्या स्तंभावरून कधीं कधीं शोधून काढिल्या जातात. हें कसें सांगतां येतें याचें स्पष्टीकरण कर.

१४. उभय बाह्य गोल भिंगाचें केंद्रांतर कसें काढतां येतें ?

१५. **भ्रामक** प्रतिबिंब कशास ह्मणतात व **खरें** प्रतिबिंब कशास ह्मणतात ?

१६. गोल भिंग (लेन्स) निरंग आहे किंवा नाहीं हें कोणत्या साध्या प्रयोगानें सांगतां येतें ?

१७. दूर दृष्टि व समीप दृष्टि कोणास ह्मणतात ? हा दोष काढण्यासाठीं चष्म्याचा कसा उपयोग होतो ?

१८. समीप दृष्टीचा दोष तरुण मनुष्यांमध्यें आणि दूर दृष्टीचा दोष ह्माताऱ्या माणसांमध्यें कां असतो ?

१९. अंधेराच्या खोलीचें (क्यामेरा अब्स्क्युराचें) वर्णन कर.

२०. दुर्बिणीची महत्कारी शक्ति कोणत्या व्यावहारिक अडचणींमुळें कांहीं मर्यादेपुढें वाढवितां येत नाहीं ?

२१. दूरदृष्टी मनुष्यानें आपल्याजोगा फोकस लावलेलें नाटकी भिंग घेऊन समीपदृष्टी मनुष्य त्यांतून पाहूं लागला, तर त्यास भिंगाचा फोकस बदलावा लागेल कीं काय ? व लागेल तर कां ?

२२. मनुष्याच्या स्वाभाविक दृष्टींत पाण्याखालीं काय फरक पडेल ? तेथें तो समीपदृष्टी किंवा दूरदृष्टी होईल ?

२३. माशाच्या डोळ्यांच्या रचनेंत इतर प्राण्यांच्या डोळ्यांपेक्षां काय साधारण अंतर असतें ?

२४. रस्त्याच्या बाजूंस लावलेलीं दुरचीं झाडें एकमेकांस लागून जवळ जवळ आहेत असें कां दिसतें ?

२५. इमारतीची तसबीर घेतांना जितका इमारतीजवळ क्यामेरा ठेवावा तितका ज्यास्त वेळ तसबीर उठण्यास द्यावा लागतो, असा नियम आहे. तर हा नियम कोणत्या तत्वावर अवलंबून आहे तें सांग.

२६. दहा फूट लांबीच्या गजाच्या एका टोंकावर समान आकाराच्या पांच मेणबत्त्या जळत आहेत व दुसऱ्या टोंकावर दोन मेणबत्त्या जळत आहेत; तर पांच मेणबत्त्यांपासून किती अंतरावर कागदाचें पान धरिलें असतां त्यावर दोहोंकडून सारखा उजेड पडेल ?

२७. सूर्य मावळल्यावर ह्मणजे क्षितिजाखालीं गेल्यावर कांहीं वेळ आपणांस तो दिसतो. तर तो तसा कां दिसतो ? आणि त्याच्या प्रकाशकिरणांचा मार्ग कसा असतो हें आकृति काढून स्पष्ट कर.

२८. एका खोलींत शुद्ध पिंवळा प्रकाश पाडिला आहे. तर तेथें मोहरा करण्याच्या लाखेचा लाल तुकडा कसा दिसेल ?

२९. एका खोलींत सूर्याचा प्रकाश लाल भिंगांतून घेतला आहे. तर तेथें कोणते रंग काळे दिसतील ?

३०. पांढऱ्या कागदाचे दोन तुकडे काळ्या व पांढऱ्या जमिनीवर ठेविले. तर काळ्या जमिनीवरील कागद अधिक तेजस्वी दिसतो ह्याचें कारण काय ?

३१. कांचेइतका वक्रीभवन गुणक ज्याचा आहे अशा तेलानें कांचेची पूड चपचपीत भिजविली, तर कांचेचे वेगळे कण दिसत नाहींत, ह्याचें कारण काय ?

३२. द्रवांत रंगहीन खनिज पदार्थ केव्हां अदृश्य होईल ?

३३. तेलानें भिजलेला कागद पारदर्शक कां होतो ?

३४. दिव्यासभोंवतीं अपारदर्शक गोल असला, ह्मणजे टेबलाचा पृष्ठभाग अधिक चकचकीत किंवा तेजस्वी कां दिसतो ?

३५. धुक्यामध्यें आपणांस माहीत नाहीं असा एकादा पदार्थ वास्तविक असतो त्याहून ज्यास्त मोठा काय कारणानें दिसतो ?

३६. आंधेर असलेल्या खोलीच्या भिंतींतील लहान भोंकाचा कसाही आकार असला, तरी त्या खोलींत सूर्याची जी प्रतिमा उठते ती नेहमीं गोलाकार असते, ह्याचें कारण काय ?

३७. घांसून जिल्हई न दिलेले असे रंगहीन मौल्यवान् खडे, त्यांचे पृष्ठभाग खरबरीत असल्यामुळें, अपारदर्शक दिसतात. त्या दगडांतील अंतस्थ दोष दिसण्यासाठीं त्यांस पारदर्शक सहज कसें करितां येईल ?

३८. चंद्राच्या प्रकाशानें जो कागद तुह्मांला वाचतां येतो तोच पांच यार्ड अंतरावरच्या मेणबत्तीनेंही वाचतां येतो. तर मेणबत्तीपेक्षां चंद्र किती ज्यास्त तेजस्वी आहे तें काढ. पृथ्वीपासून चंद्राचें अंतर दोन लक्ष चाळीस हजार मैल आहे.

३९. पांढऱ्या कागदावर पांच सहा काळ्या रेघा आंखल्या, आणि अर्ध्या रेघांवर चपट्या कांचेचा जाड तुकडा ठेविला, तर त्या रेघांकडे तिरपें पाहिलें असतां त्या कशा दिसतात ?

४०. शुष्क हवेपेक्षां आर्द्र हवा ज्यास्त पारदर्शक असते ह्याचें कारण काय ?

४१. अंधेराच्या खोलींतून एकदम उजेडांत आलें, ह्मणजे साध्या उजेडानेंच डोळे दिपतात ह्याचें कारण काय ?

४२. पाण्याखालीं असलेल्या मनुष्यांस पाण्यावर असलेला पदार्थ कोणत्या दिशेंत दिसतो ?

४३. एक इंच व दहा इंच केंद्रांतरांची निरंग दोन उभय बाह्य गोल भिंगें तुजपाशीं दिलीं, तर संयुक्त सूक्ष्मदर्शक करण्यास आणि दुर्बीण ह्मणजे दूर-दर्शक करण्यास कोणत्या रीतीनें त्यांची सांगड करशील तें सांग ? आकृति काढून प्रत्येकांत गोल भिंगांचें कार्य कसें घडतें तें दाखीव.

४४. विशेष प्रकारच्या प्रकाशांत शाईनें लिहिलेलीं अक्षरें कोणत्याही स्थितींत कशींही पाहिलीं तरी दिसतात. परंतु पेन्सलीनें लिहिलेलीं अक्षरें कित्येक स्थितींत पाहिलीं तर मात्र दिसतात. ह्याचें कारण काय ?

समाप्त.

सूचीपत्र.

ज.

त.

द.

ध.

र–ल.

व.

स.

ह.

WORKS IN THE MARATHI LANGUAGE BY THE SAME AUTHOR.

SCIENTIFIC.

	Rs.	a.	p.
Mechanics, Vol. I. (Statics).	2	0	0
Inorganic Chemistry, Vol. I. (Non-metals).	2	8	0
Do. Do. Vol. II. (Metals).	2	0	0
Do. Do. Vol. III. (Metals).	2	4	0
Organic Chemistry, Vol. I.	3	0	0
Elementary Treatise on Physics, Vol. I.	3	0	0
Do. Do. Vol. II. (Electricity & Magnetism).	3	8	0
Do. Do. Vol. III. (Sound & Light)	2	8	0
Information on Common Objects, Part I. (Minerals).	1	0	0
Do. Do. Part II. Vegetable & Animal Objects.	1	0	0
Larden's School Course on Heat (Translated). ...	3	0	0
Cooke's Natural Philosophy (Translated).	0	8	0
Cooke's Chemistry (Translated).	0	10	0
Huxley's Introductory Primer (Translated).	0	12	0
Way to Health (Translated).	0	1	6
Elementary Lessons in Chemistry.	2	0	0
Ganot's Popular Natural Philosophy (Translated) ...	8	0	0
Elementary Statics (Translated) with questions & Examples.	1	4	0
Dyeing & Calico Printing (in the Press). (has appeared in the Shilpkala).			
Text Book on Sanitary Science, Parts I & II (Translated).	3	0	0

HISTORICAL.

	Rs.	a.	p.
History of the Kolhapur Principality, Vols. I & II.	3	0	0
History of the Southern Maratha States...	1	8	0